

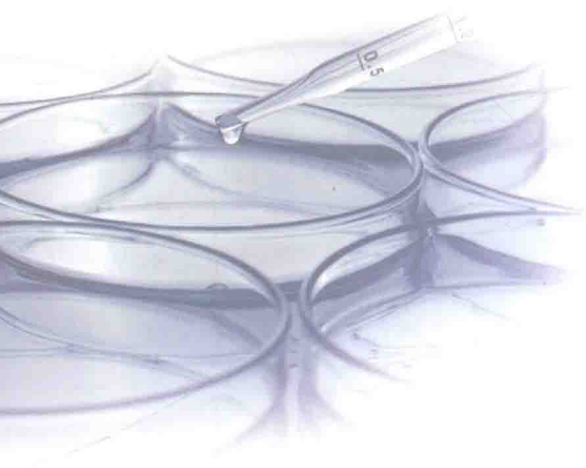
高职高专“十三五”规划教材

WEISHENGWU JIANCE JISHU

微生物 检测技术

第二版

叶磊 谢辉 主编



化学工业出版社

高职高专“十三五”规划教材

微生物检测技术

第二版

叶 磊 谢 辉 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是高职高专商检技术专业系列教材之一。从内容到形式上体现职业技术教育的最新发展特色。本着“实践技能培训为主导、理论知识够用”的原则，突出应用能力和综合素质的培养。

全书共分三个模块十五个项目。第一模块微生物检验基础包括三个项目，概述了微生物检验在商品检验中的意义和作用、微生物的形态结构及生理特性。第二模块微生物检验常规技术包括七个项目，涉及培养基配制、消毒灭菌、微生物的分离纯化培养、接种、无菌操作、显微观察、染色、计数、菌种保藏及血清学检验等多项微生物基本技术。第三模块产品中的微生物检验综合实训包括五个项目，结合微生物检验的实际，重点介绍了食品、药品、化妆品、环境等方面的微生物检测。每个项目中又包括了具体的工作任务，使教材具有较强的实用性。

本书可作为高职高专商检、食品、环评、生物、卫生防疫等专业的教学用书，也可作为微生物检验人员及相关人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物检测技术/叶磊，谢辉主编. —2 版. —北京：化学工业出版社，2016.9

ISBN 978-7-122-27366-6

I. ①微… II. ①叶…②谢… III. ①微生物-检测-高等教育-教材 IV. ①Q93-332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 133787 号

责任编辑：蔡洪伟

文字编辑：李 瑾

责任校对：边 涛

装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装：高教社(天津)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 390 千字 2016 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888(传真：010-64519686) 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：32.00 元

版权所有 违者必究

高职高专商检技术专业“十三五”规划教材 建设委员会

(按姓名汉语拼音排列)

主 任	李斯杰				
副主任	丛建国	戴延寿	韩志刚	郎红旗	杨振秀
委 员	丛建国	戴延寿	丁敬敏	傅高升	郭 永
	韩志刚	蒋锦标	孔宪思	赖国新	郎红旗
	李斯杰	李小华	林流动	刘庆文	吕海金
	穆华荣	荣联清	王建梅	魏怀生	吴云辉
	熊 维	薛立军	杨登想	杨振秀	杨芝萍
	尹庆民	余奇飞	张 荣	张晓东	

高职高专商检技术专业“十三五”规划教材 编审委员会

(按姓名汉语拼音排列)

主 任	韩志刚	杨振秀			
副主任	丁敬敏	刘庆文	荣联清	荣瑞芬	魏怀生
	杨芝萍				
委 员	曹国庆	陈少东	陈 微	丁敬敏	高剑平
	高 申	韩志刚	黄德聪	黄艳杰	姜招峰
	赖国新	黎 铭	李京东	刘冬莲	刘丽红
	刘庆文	牛天贵	荣联清	荣瑞芬	孙玉泉
	王建梅	王丽红	王一凡	魏怀生	吴京平
	谢建华	徐景峰	杨学敏	杨振秀	杨芝萍
	叶 磊	余奇飞	曾 咪	张彩华	张 辉
	张良军	张玉廷	赵 武	钟 彤	

高职高专商检技术专业“十三五”规划教材

建设单位

(按汉语拼音排列)

北京联合大学师范学院
常州工程职业技术学院
成都市工业学校
重庆化工职工大学
福建交通职业技术学院
广东科贸职业学院
广西工业职业技术学院
河南质量工程职业学院
湖北大学知行学院
黄河水利职业技术学院
江苏经贸职业技术学院
辽宁农业职业技术学院
湄洲湾职业技术学院
南京化工职业技术学院
萍乡高等专科学校
青岛职业技术学院
唐山师范学院
天津渤海职业技术学院
潍坊教育学院
厦门海洋职业技术学院
扬州工业职业技术学院
漳州职业技术学院
承德石油高等专科学校

前言

《微生物检测技术》一书是适用于高职高专商品质量检验及相关专业的专用教材，从内容到形式均力求体现职业技术教育的最新发展特色，并以“实践技能培训为主导、理论知识够用”为原则，突出应用能力和综合素质的培养。首先，在学习内容的设置上，考虑了学生校内学习与实际工作的一致性，以微生物检验人员需要掌握的一些应知应会的基本知识和操作技能为主，根据具体工作过程和职业岗位分析开发课程内容，注重提升学生职业能力。其次，在教材的编排体系上，探索项目导向、任务驱动这种有利于增强学生能力的教学模式，重新序化课程内容，按照“理论与实践一体化”的课改思路，将理论性知识穿插于实践项目中，顺应了教学改革的需要，更符合现代教学的需求。为使学生明确学习要求，各项目中均有知识目标和能力目标，同时安排了工作任务，以激发学生的学习兴趣，培养其主动学习和思考的能力。

《微生物检测技术》一书的编写突出了工学结合、校校联合的方针，由来自全国开设商检技术及相关专业的院校教师结合各自的教学特点，整合资源优势，共同完成。本书第一版自出版后得到了广大读者的认可与好评，几年来共印刷多次，发行量达到上万册。但是，随着近年来生物技术的飞速发展，第一版教材中的许多内容需要补充与完善，因此，为了更好地服务于广大读者，化学工业出版社组织了相关的老师对本书进行了修订再版，本次修订结合最新的国家标准和中华人民共和国药典（2015 版）进行，补充了微生物检测领域的新知识、新技术和新方法。本次修订由北京联合大学师范学院叶磊、承德石油高等专科学校的谢辉担任主编，参加编写修订的人员有承德石油高等专科学校的钟正伟、南京科技职业学院的权静。叶磊修订了项目一～项目四；谢辉修订了项目十一～项目十三，附录二～附录四和附录六；钟正伟修订了项目五和项目七～项目十，实验室守则，实验室的急救，阅读小知识，附录一；权静修订了项目六、项目十四、项目十五，附录五。谢辉负责全书的统稿。

本教材分为三个模块，第一模块是微生物检验基础；第二模块是微生物检验常规技术；在此基础上，第三模块结合国家标准、商检标准，突出了食品、药品、化妆品及环境中关于细菌总数、大肠菌群、常见致病菌等卫生学方面的检验技术。随着科学技术的进步，微生物检验技术将朝着快速、简便的方向发展，为此，本教材还介绍了微生物的快速检验方法。教材中的十五个项目涉及任务 35 项，各院校可根据实际情况选用。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者和同行专家提出宝贵意见，对此谨致以最诚挚的谢意。

编者

2016 年 5 月

第一版前言

随着经济的高速发展和加入 WTO,我国已全面走向世界经济大舞台,国际、国内贸易迅猛发展,商品贸易快速增加。在产品的生产企业、流通领域及质量技术监督部门,迫切需要从事产品质量控制、商品质量检验、质量技术监督与管理等方面的专业人才,高职高专商品质量检验专业正是为适应这一新形势而产生的新兴专业,该专业也必将随着社会对商品质量控制要求的提高而进一步发展。由于是新兴专业,目前还没有特别适合商品质量检验专业的专门教材,十分感谢化学工业出版社组织编写了这套教材,经过半年来我和诸位同仁的辛苦努力,《微生物检测技术》终于得以出版。

教材在编写过程中,注意反映高职高专特色,本着“实践技能培训为主导、理论知识够用”的原则,突出应用能力和综合素质的培养。《微生物检测技术》从内容到形式上均力求体现职业技术教育的最新发展特色。首先在学习内容的设置上主要考虑学生校内学习与实际工作的一致性,以微生物检验人员必须掌握的一些应知应会的基本知识和操作技能为主,根据具体工作过程和职业岗位分析开发课程内容,突出对学生职业能力的培养。其次在教材的编排体系上,探索项目导向、任务驱动这种有利于增强学生能力的教学模式,重新序化课程内容,按照“理论与实践一体化”的课改思路,将理论性知识穿插于实践项目中,顺应了教学改革的需要,更符合现代教材的需求。为使学生明确学习要求,各项目中明确了知识目标 and 能力目标,同时安排了工作任务,激发学生学习兴趣,培养其主动学习和思考的能力。

《微生物检测技术》主要涉及三个模块,一是微生物学检验基础;二是微生物学检验常规技术;在此基础上,结合产品标准、检测标准,突出了食品、药品、化妆品及环境中关于细菌总数、大肠菌群、常见致病菌等卫生学方面的检验技术。随着科学技术的进步,微生物检验技术将朝着快速、简便的方向发展,本书进一步介绍了微生物快速检验方法。教材编写的十五个项目中涉及任务 29 项,各院校可根据实际情况选用。

本书由北京联合大学师范学院叶磊、漳州职业技术学院的杨学敏担任主编,由河南质量工程职业学院张艳任副主编,参加编写的人员还有潍坊教育学院的张玉清、南京化工职业技术学院的权静。叶磊编写了项目一(其中的一、二、三、四)、项目二、三、四;杨学敏编写了项目十一、十二、十三,及附录 2、3、4、6;张玉清编写了项目一(其中的五、六、七、八)、项目五、七、八;张艳编写了项目九、十、微生物实验室守则、实验室的急救、阅读小知识、附录 1;权静编写了项目六、十四、十五,附录 5。叶磊负责全书初稿的调整、修改、增补和统稿。

本书由中国农业大学牛天贵教授审定。

本书在编写过程中参阅了大量的书籍,并得到了各编者学校及有关专家、同仁的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者和同行专家提出宝贵意见,对此谨致以最诚挚的谢意。

编者
2009 年 2 月

目 录

第一模块 微生物检验基础	1	阅读小知识：抗生素的滥用及食品安全 ...	62
项目一 微生物及微生物检测概述	1	第二模块 微生物检验常规技术	63
【知识目标】	1	微生物实验室守则	63
【能力目标】	1	实验室的急救	64
【背景知识】	1	项目四 微生物培养基的配制	64
一、什么是微生物	1	【知识目标】	64
二、微生物的特点	2	【能力目标】	64
三、微生物对产品的污染	3	【背景知识】	65
四、污染的预防与控制	6	一、培养基的分类	65
五、微生物检验的任务和意义	7	二、选用或设计培养基的基本原则	67
六、微生物检验的对象	8	任务 4-1 配制常用的微生物培养基	69
七、微生物检验的质量管理	9	【思考题】	72
八、微生物检验的发展趋势	10	阅读小知识：琼脂——从餐桌到	
【思考题】	12	实验室	72
阅读小知识：微生物的命名及分类	12	项目五 消毒灭菌技术	73
项目二 微生物的形态结构	13	【知识目标】	73
【知识目标】	13	【能力目标】	73
【能力目标】	13	【背景知识】	73
【背景知识】	14	一、消毒灭菌的相关概念	73
一、细菌	14	二、消毒灭菌的方法	74
二、放线菌	23	任务 5-1 干热灭菌技术及玻璃器皿的	
三、酵母菌	25	灭菌	76
四、霉菌	27	【思考题】	77
五、病毒	30	任务 5-2 高压蒸汽灭菌技术及培养基的	
【思考题】	36	灭菌	78
阅读小知识：小布商成了英国皇家学会的		【思考题】	80
会员	36	任务 5-3 无菌室的消毒处理及超净台的	
项目三 微生物的生理特性	37	使用	80
【知识目标】	37	【思考题】	83
【能力目标】	37	任务 5-4 液体过滤除菌	83
【背景知识】	37	【思考题】	84
一、微生物的营养	37	阅读小知识：微生物的奠基人——	
二、微生物的生长	43	巴斯德	84
三、微生物的代谢	56	项目六 微生物的分离、纯化、培养	
【思考题】	61	技术	85
		【知识目标】	85

【能力目标】	85	【背景知识】	119
【背景知识】	86	一、菌种保藏的基本原理	119
一、接种技术	86	二、菌种保藏方法	120
二、分离纯化技术	86	任务 9-1 实验室常用简易菌种	
任务 6-1 微生物的接种	88	保藏法	122
【思考题】	90	【思考题】	126
任务 6-2 微生物纯种的分离培养及菌落		任务 9-2 菌种的冷冻真空干燥	
特征观察	91	保藏法	126
【思考题】	95	【思考题】	128
阅读小知识：弗莱明和青霉素的发现	95	任务 9-3 菌种的液氮超低温保藏法	128
项目七 微生物染色及显微形态观察		【思考题】	129
技术	96	阅读小知识：国内外部分菌种保藏	
【知识目标】	96	机构	129
【能力目标】	96	项目十 血清学检验技术	130
【背景知识】	96	【知识目标】	130
一、显微技术	96	【能力目标】	131
二、染色技术	98	【背景知识】	131
任务 7-1 普通光学显微镜的使用	100	一、抗原、抗体及血清学反应	131
【思考题】	102	二、血清学反应的特点及影响因素	131
任务 7-2 细菌的简单染色法	102	三、血清学反应的基本类型	132
【思考题】	103	任务 10-1 凝集反应	138
任务 7-3 细菌的革兰染色法	103	【思考题】	139
【思考题】	105	任务 10-2 沉淀反应	139
任务 7-4 细菌的荚膜及芽孢染色	105	【思考题】	141
【思考题】	106	阅读小知识：单克隆抗体及生物导弹	141
任务 7-5 酵母菌的形态观察	106		
【思考题】	107	第三模块 产品中的微生物检验综合	
任务 7-6 霉菌的形态观察	107	实训	143
【思考题】	109		
阅读小知识：显微镜	109	项目十一 微生物检验工作流程与质量	
项目八 微生物的计数技术	110	控制	143
【知识目标】	110	【知识目标】	143
【能力目标】	110	【能力目标】	143
【背景知识】	110	【背景知识】	143
一、细胞数量的测定	110	一、微生物检验工作流程	143
二、细胞生物量的测定	113	二、微生物检测的质量控制	145
任务 8-1 显微镜直接计数	113	任务 11-1 对某一检测结果的分析 and 报告	
【思考题】	114	的撰写	147
任务 8-2 平板菌落计数	114	【思考题】	148
【思考题】	116	项目十二 食品的微生物学检验	148
任务 8-3 比浊法计数	117	【知识目标】	148
【思考题】	117	【能力目标】	148
阅读小知识：微生物其他计数方法	117	【背景知识】	149
项目九 菌种保藏技术	118	一、概述	149
【知识目标】	118	二、食品检样的采集与制备	150
【能力目标】	119	三、食品检样的保存及送检	157
		四、食品卫生微生物学检验技术	157

五、食品中致病菌的检测技术	159	检验	200
六、食品中霉菌和酵母菌的检验技术	166	【思考题】	202
七、微生物快速检测技术	167	任务 14-2 咳嗽糖浆中细菌总数、霉菌及 酵母菌总数的测定	202
任务 12-1 食品中细菌总数和大肠菌群的 检测	171	【思考题】	204
【思考题】	177	项目十五 环境的微生物学检测	204
任务 12-2 罐头食品商业无菌的检测	177	【知识目标】	204
【思考题】	180	【能力目标】	204
任务 12-3 酸乳中乳酸菌的检测	181	【背景知识】	204
【思考题】	182	一、空气洁净度的微生物检测	204
任务 12-4 食品中沙门菌的检测	182	二、水质的微生物学检验	206
【思考题】	185	三、活性污泥中微生物生物量的测定	207
任务 12-5 纸片法快速检测食品中金黄色 葡萄球菌	185	任务 15-1 生活饮用水中细菌总数和 总大肠菌群的检测	209
【思考题】	186	【思考题】	210
任务 12-6 食品中霉菌和酵母菌的 检测	186	任务 15-2 发酵车间空气中微生物的 测定	210
【思考题】	187	【思考题】	212
项目十三 化妆品的微生物学检验	187	任务 15-3 活性污泥生物相的观察	212
【知识目标】	187	【思考题】	214
【能力目标】	188		
【背景知识】	188	附录	215
一、概述	188		
二、化妆品的卫生学检验标准	189	附录一 微生物实验室常用玻璃器皿及 洗涤	215
三、化妆品的采集与预处理	189	附录二 实验室常用培养基的配制	219
四、化妆品的卫生细菌检验	190	附录三 实验室常用染色液的配制	221
任务 13-1 化妆品中绿脓杆菌的检测	192	附录四 食品生产及相关产品的国家卫生 标准	224
【思考题】	194	附录五 《中华人民共和国药典》(2015 年版) (三部)非无菌药品微生物限度 标准	229
任务 13-2 化妆品中嗜温性细菌的 检测	194	附录六 化妆品卫生标准 (GB 7916—87)	231
【思考题】	195		
项目十四 药品的微生物学检验	195	参考文献	232
【知识目标】	195		
【能力目标】	196		
【背景知识】	196		
一、药品无菌检查法	196		
二、微生物限度检查法	198		
任务 14-1 0.9%氯化钠注射剂的无菌			

第一模块 微生物检验基础

项目一 微生物及微生物检测概述

【知识目标】

1. 了解微生物的主要类群，掌握微生物的主要特点；
2. 了解微生物在自然界中的分布；
3. 掌握微生物检验的任务及意义；
4. 了解微生物检验的对象；
5. 了解微生物检验的发展趋势。

【能力目标】

1. 能够根据微生物的特点理解自然界中微生物分布的广泛性，并具有认识、分析产品中微生物可能来源的能力；
2. 建立在产品的原料、生产、包装、运输、储藏、销售等各环节都需要进行微生物控制的产品质量意识；
3. 能够正确认识微生物检验工作的重要性，了解微生物检验的工作职责，不断强化微生物检验的质量管理意识。

【背景知识】

一、什么是微生物

在自然界中，除了我们肉眼可见的动、植物这些较大的生物外，还存在着一个微观生物世界，它们是由个体微小、数量庞大、种类繁多、肉眼难以看到的微生物组成。微生物（microorganism）一词并非生物分类学上的名称，是指必须借助显微镜才能看得见的微小生物物的统称。微生物包括的类群十分庞杂，根据它们的细胞结构组成和进化水平的差异，可把它们分为三类。

—（1）“非细胞”型微生物 这类微生物没有典型的细胞结构，只由核酸和蛋白质构成，或只含一种成分；它们不能独立生活，只能寄生在活细胞内。病毒、亚病毒（类病毒、拟病毒、朊病毒）都是“非细胞”型微生物。

(2) 原核细胞型微生物 原核细胞是比较低级和原始的一类细胞,其主要特点是细胞分化程度低,没有成形的细胞核,遗传物质散在于细胞质中形成核区。除核糖体外,细胞质中没有其他成形的细胞器。最主要的原核细胞型微生物是细菌,还包括支原体、衣原体、立克次体、螺旋体、放线菌等。

(3) 真核细胞型微生物 真核细胞的细胞核分化程度较高,有核膜、核仁和染色体,细胞内有多种不同功能的细胞器。真菌(酵母菌、霉菌)、原生动物、显微藻类等都是真核细胞型微生物。

微生物包括的种类虽然如此多样,但它们都是个体微小、结构简单、进化地位低的生命形式,生物学特性比较接近,具有许多明显区别于动、植物的特征。

二、微生物的特点

1. 个体微小、分布广泛

微生物个体的组成很简单,多为单细胞构成,有些由简单的多细胞组成,有些甚至没有细胞结构。简单的构成使得微生物的个体一般都小于0.1mm,肉眼难以看到,需用显微镜观察,故用微米(μm)甚至纳米(nm)来表示微生物的大小。例如细菌的典型代表大肠杆菌(*Escherichia coli*)平均只有 $2\mu\text{m}$ 长、 $0.5\mu\text{m}$ 宽;这么小的个体重量也很轻,每个细菌的重量只有 $1\times 10^{-9}\sim 1\times 10^{-10}\text{mg}$,约10亿个细菌才有1mg重。

由于微生物个体小而轻,故可借助于空气、风和水的散播而广泛分布。微生物是自然界中分布最为广泛的生物,有高等生物的地方均有微生物生活,甚至动、植物不能生活的极端环境也有微生物存在,微生物是生物圈的拓疆者,也是生命生存极限记录的创造者和保持者。几万米的高空、数千米的深海、温度超过 100°C 的火山口附近、寒冷的冰层、沙漠、盐湖中都发现有微生物的存在,微生物分布的广泛程度可以说是无所不在、无孔不入、无远不达。

广泛分布的微生物为人类提供了丰富的具有开发潜力的生物资源。但是如果不加注意,也会带来很多麻烦,如疾病的流行、伤口的化脓、食品的腐败、工业材料的霉腐等无不与自然界中广泛分布的微生物密切相关。

2. 繁殖快速、易于培养

微生物在最适宜的条件下具有高速繁殖的特性,尤其是细菌,其细胞以简单的裂殖方式进行繁殖,在实验室培养条件下几十分钟至几小时可以繁殖一代。如大肠杆菌在最适生长条件下,每20min就繁殖一代,按此计算,24h即可繁殖72代,由一个细菌细胞可繁殖到 2^{72} (约 4.7×10^{22})个,总重量可达4722t,就会形成地球样大小的物体。但实际上由于营养、空间、代谢产物等种种条件的限制,这种理想状况很少存在。

由于微生物食谱杂,对营养要求不高,大多数微生物都能够在常温常压下人工培养成功。

微生物快速繁殖的特点为在短时间内获得大量菌体提供了极为有利的条件。同样道理,如果是微生物引起污染、腐败等,其破坏速度也是惊人的。

3. 种类繁多、代谢旺盛

据统计,目前已发现的微生物有十几万种,而且不同种类的微生物具有不同的代谢途径,它们能利用各种各样的有机物和无机物作为营养物质,使之分解和转化,同时又能合成不同类型的代谢产物。如大多数微生物能分解利用蛋白质、糖类、脂肪等有机物,有些微生物还能分解石油、纤维素、塑料等,甚至针对氰、酚、聚联苯胺、DDT等有毒和剧毒的物质,都能找到分解利用它们的微生物。

同时由于微生物个体微小,单位体积的表面积相对很大,有利于细胞内外物质的交换,使得微生物细胞的新陈代谢能力很强,转化物质的速度很快。同样重量的微生物与高等动物相比,其代谢强度要高几千倍到数十万倍。如100kg的酵母菌利用工业下脚料糖蜜、氨水作养料,24h内可合成10000kg的优质蛋白,而同样重量的食用牛在同样时间内只能从饲料中转化0.1kg的蛋白质。

微生物多样的代谢途径、旺盛的代谢能力和非凡的繁殖速度,使其在自然界的物质循环中扮演着重要的分解者的角色。这些特点也有利于人们对微生物的综合利用,如使用工农业下脚料来培养微生物,进行发酵生产,可达到变废为宝、治理污染、提高经济效益等多重效应;而对不同种类微生物特有的代谢产物进行检测,则是微生物生化检测、鉴定的基础。

4. 容易变异、适应力强

微生物个体多以单细胞存在于自然界中,与外界环境直接接触,因而对外界环境很敏感,相对于高等生物而言,较容易发生变异。加之微生物繁殖速度快、数量多,即使其变异频率不高($10^{-9} \sim 10^{-6}$),也会在短时间内产生大量变异的后代。正是由于微生物易于变异,从而表现出及其灵活的适应能力,面对复杂的甚至恶劣的外界环境条件,微生物总能有不同的变异类型与之适应,从而能够延续后代、保存物种。

微生物遗传的不稳定性有不利的一面:会给菌种保藏工作带来一定不便;若致病菌发生耐药性变异,更会造成原来的有效药物“失去”药效,原本已经控制的感染变得不易医治,迫使人们不得不去寻找新的药物。另一方面,正因为容易变异,使得微生物育种工作相对高等动、植物育种容易得多,有益的突变可大幅度地提高菌种的生产性能。

具备上述特点的微生物在生物界中占据了特殊位置,具有独特的开发利用价值。它们不仅被广泛应用于生产实践,还成为生命科学研究理想材料,推动和加快了生命科学研究的进展。具备这些特点的微生物同时也给人类的生产和生活带来许多困扰,造成巨大损失,其中之一就是引起产品污染,造成产品的腐败变质。微生物检测的主要目标就是针对污染菌的。

三、微生物对产品的污染

微生物在自然界中广泛分布,无处不在,随着自然环境的不同,其分布密度有着很大的差异。这些微生物可通过多种途径侵入到产品中造成污染,污染菌大量繁殖后,最终会造成产品的腐败变质。因此,了解自然界中微生物的分布,并有针对性地采取有效措施,对控制产品的微生物污染有着重要意义。

对产品造成污染的微生物可能来自环境、人员、生产原料、生产器械及包装材料等。

1. 土壤

土壤是自然界中微生物生活最适宜的环境,它具有微生物所需要的一切营养物质和进行生长繁殖等生命活动的各种条件。土壤中的有机物为微生物提供了良好的碳源、氮源和能源;矿质元素的含量浓度也很适于微生物的生长;土壤的酸碱度接近中性,缓冲性较强;渗透压大都不超过微生物的渗透压;土壤空隙中充满着空气和水分,基本上可以满足微生物的需要,为好氧和厌氧微生物的生长提供了良好的环境。此外,土壤的保温性能好,与空气相比,昼夜温差和季节温差的变化不大。在表层土几毫米以下,微生物便可免于被阳光直射致死。这些都为微生物生长繁殖提供了有利的条件,所以土壤有“微生物天然培养基”之称。这里的微生物数量最大,类型最多,也是人类利用微生物的主要来源。

土壤中的微生物包括细菌、放线菌、真菌、藻类和原生动物等多种类群。其中细菌最

多, 约占土壤微生物总量的 70%~90%, 数量可达 $10^7 \sim 10^9$ 个/g 土壤, 放线菌、真菌次之, 藻类和原生动物等较少。许多病原微生物可随着动、植物残体以及人和动物的排泄物进入土壤, 因此, 土壤中的微生物既有非病原的, 也有病原的。通常无芽孢菌在土壤中生存的时间较短, 而有芽孢菌在土壤中生存时间较长。例如沙门菌只能生存数天至数周, 而炭疽杆菌、破伤风杆菌、梭状芽孢杆菌等, 却能生存数年或更长时间。霉菌及放线菌的孢子在土壤中也能生存较长时间。

由于土壤中有大量微生物存在, 是自然环境中一切微生物的总发源地, 因此也是产品中微生物污染的重要来源。

2. 空气

空气中没有微生物生长繁殖所需要的营养物质和充足的水分, 还有日光中紫外线的照射, 因此空气不是微生物良好的生存场所。但空气中却飘浮着许多微生物, 这是由于土壤、水体、各种腐烂的有机物以及人和动物呼吸道、皮肤干燥脱落物及排泄物中的微生物, 都可随着气流的运动被携带到空气中去。微生物小而轻, 能随空气流动到处传播, 因而微生物的分布是世界性的。

空气中的微生物主要是过路菌, 以对于干燥和射线有抵抗力的真菌、放线菌的孢子为主, 还有各种球菌、芽孢杆菌、酵母菌等, 也可能有病原体, 尤其在医院、疫区或患者周围。如一个感冒病人, 一声咳嗽可散播约 10 万个病菌, 打一个喷嚏含有约 1500 万个病菌。国外有研究发现, 一个喷嚏可使飞沫以 167km/h 的时速运行, 在 1s 内喷射到 6m 以外的地方。由此可见, 空气是传播疾病的重要途径。

微生物在空气中的分布很不均匀, 尘埃量多、污浊的空气中, 微生物数量也多。如在商场、医院、宿舍、城市街道等公共场所的空气中, 微生物数量最多; 由于尘埃的自然沉降, 所以越近地面的空气, 其含菌量越高; 而在海洋、高山、森林地带、终年积雪的山脉或高纬度地带的空气中, 微生物数量则甚少。

空气中的微生物是引起各类污染的主要途径。许多工业产品是部分或全部由有机物组成, 因此易受空气中微生物的侵蚀, 引起生霉、腐烂、腐蚀等; 即使是无机物如金属、玻璃等, 也可因微生物活动而产生腐蚀与变质, 使产品的品质、性能、精确度、可靠性下降, 带来巨大的损失。因此工业产品的防腐问题日益受到人们的重视。而食品、药品、化妆品、生物制品等产品如果暴露在空气中, 则更易受到空气中微生物的污染, 接触时间越长, 则污染越严重。

3. 水

水体环境如海洋及陆地上的江河、湖泊、池塘、水库、小溪等, 溶解或悬浮着多种无机和有机物, 可作为微生物营养物质, 所以是微生物栖息的第二天然场所。水中的微生物多来自于土壤、空气、污水或动植物尸体等, 尤其是土壤中的微生物, 常随同土壤被雨水冲刷进入江河、湖泊中。

微生物在水中的分布常受许多环境因子的影响, 最重要的一个因子是营养物质。在远离人们居住地区的湖泊、池塘和水库中, 有机物含量少, 微生物也少, 并以自养型种类为主。处于城镇等人口密集区的湖泊、河流以及下水道中, 由于流入了大量的人畜排泄物、生活污水和工业废水等, 有机物的含量大增, 微生物的数量可高达 $10^7 \sim 10^8$ 个/mL, 这些微生物大多数是腐生型细菌和原生动物, 有时甚至还含有伤寒、痢疾、霍乱等病原体。这种污水如不经净化处理, 是不能饮用的, 也不宜作养殖用水。

水在产品加工生产方面起着重要作用, 用水来清洗生产车间、生产设备、产品原料、机械器具等, 还要用水来保持工作人员的清洁卫生, 因此水质的好坏对产品的卫生质量影响很

大。如果产品用水不清洁,不符合国家水质卫生标准,那它很可能成为产品中微生物污染的污染源和重要污染途径,其结果势必要影响产品的质量。

4. 人体

在正常生理状态下,人的体表及与外界相通的管腔中,如口腔、鼻咽腔、消化道和泌尿生殖道中均有大量的微生物存在,它们数量大、种类较稳定,且一般是有益无害的微生物,称为正常菌群。如皮肤上常见的细菌是表皮葡萄球菌,有时也有金黄色葡萄球菌存在;鼻腔中常见的有葡萄球菌、类白喉分枝杆菌;口腔中经常存在着大量的链球菌、乳酸杆菌和拟杆菌;胃中含有盐酸,不适于微生物生活,除少数耐酸菌外,进入胃中的微生物很快被杀死;人体肠道呈中性(或弱碱性),且含有被消化的食物,适于微生物的生长繁殖,所以肠道特别是大肠中含有很多微生物,可达数百万亿个,它们可随粪便排出,粪便干重的1/3左右为细菌。除了这些正常菌群外,人感染了病原菌后,病原菌也可通过口腔、鼻腔等各种途径排出体外。

人接触产品时,人手造成的产品微生物污染是最为常见的。如果操作人员不注意个人的卫生及隔离、指甲不常修剪、本人患有疾病等,那么污染率就会提高。因此,产品的生产、包装、运输、储藏、销售过程中都可能造成人源因素所引起的微生物污染。

5. 产品原料及辅料

(1) 植物原料及辅料 健康的植物在生长期与自然界广泛接触,其体表存在有大量的微生物。感染病后的植物组织内部会存在大量的病原微生物,这些病原微生物是在植物的生长过程中通过根、茎、叶、花、果实等不同途径侵入组织内部的。即使有些外观看上去是正常的水果或蔬菜,其内部组织中也可能有某些微生物的存在。有人从苹果、樱桃等组织内部分离出酵母菌,从番茄组织中分离出酵母菌和假单胞菌属的细菌,这些微生物是果蔬开花期侵入并生存于果实内部的。如果以这些果蔬为原料加工制成食品,由于原料本身带有微生物,而且在加工过程中还会再次感染,所制成的产品中有可能带有大量微生物。

粮食作为储藏期较长的农产品,其微生物污染问题尤为突出。据统计,全世界每年因霉变而损失的粮食就占总产量的2%左右。在各种粮食和饲料上的微生物以曲霉属、青霉属和镰孢(霉)属的一些种为主,其中曲霉危害最大。花生、玉米等农作物最易被黄曲霉污染,部分黄曲霉菌株产生的黄曲霉毒素是一种强烈的致癌毒物,现已发现的黄曲霉毒素有十几种,其中以B1的毒性和致癌性最强。该毒素对热稳定,300℃时才能被破坏,对人、家畜、家禽的健康危害极大。另一类剧毒致癌毒素为T2,由镰孢霉属的真菌产生,该毒素被人吸收后会引致白细胞下降和骨髓造血机能破坏,有少数国家曾用来制成生物武器。因此,以植物尤其是粮食为原料的产品,大多要进行霉菌及真菌毒素的检测。

(2) 动物原料及辅料 禽畜的皮毛、消化道、呼吸道等与外界相通的管腔有大量微生物存在。与外界隔绝的组织(肌肉、脂肪、心、肝、肾等脏器)和血流在健康的情况下是不含菌的,但如果受到病原体感染,患病的畜禽其器官及组织内部可能有微生物存在,形成组织病变。病变组织作为产品原料及辅料是不适宜的,若加工成食品,则是危险的。因此,针对动物原料及辅料,需要特别进行宰前检疫,即对待宰动物进行活体检查。

屠宰过程卫生管理不当将为微生物的广泛污染提供机会。如使用非灭菌的刀具放血时,将微生物引入血液中,随着微弱、短暂的血液循环而扩散至胴体的各部位。屠宰后的畜禽即丧失了先天的防御机能,微生物侵入组织后迅速繁殖。因此在屠宰、分割、加工、储存和肉的配销过程中的每一个环节,微生物的污染都可能发生。

健康动物乳汁本身是无菌的,但患有传染病和乳房炎的病畜其乳汁中可能带有金黄色葡萄球菌、化脓性棒状杆菌、绿脓杆菌、克雷伯菌、布氏杆菌等,另外其加工过程中也易被动

物皮毛、容器工具、挤奶员卫生习惯及挤奶前的尘埃等污染。

健康禽类所产生的鲜蛋内部本应是无菌的，但是鲜蛋中也经常可发现微生物存在。可能的原因是：病原菌通过血液循环进入卵巢，在蛋黄形成时进入蛋中；禽类的排泄腔内含有一定数量的微生物，当蛋从排泄腔排出体外时，由于蛋内遇冷收缩，附在蛋壳上的微生物可穿过蛋壳进入蛋内；鲜蛋储存期长或经过洗涤，环境中的微生物通过蛋壳上有许多大小为 $4\sim 6\mu\text{m}$ 的气孔而侵入到蛋内等。

有些动物虽然不是产品加工的原料，也会使产品尤其是食品受到微生物污染，如老鼠、苍蝇、蟑螂等动物，都是携带和传播微生物或病原菌的重要媒介。

6. 加工机械和设备、包装材料

产品在从生产到消费的过程中，要接触许多设备、用具，它们清洁与否直接影响着产品的卫生质量，其中以食品的生产尤为突出。如在食品加工过程中，食品的汁液、颗粒黏附于加工器械设备和用具表面，若生产结束后设备没有得到彻底的清洗和灭菌，就会使原本少量的微生物大量繁殖，成为后来使用中的污染源，而造成食品污染。有些盛放食品的用具，若不加清洗或消毒后连续使用，也会使原本清洁的食品被污染。另外，如果产品符合卫生标准，而各种包装材料处理不当，也会带来微生物污染。一次性包装材料通常比循环使用的材料所带的微生物数量要少。

由于在产品的加工前、加工过程中和加工后都容易受到微生物的污染，如果不采取措施加以控制，在适宜的温、湿度条件下，它们会迅速繁殖造成产品的腐败变质。其中有的是病原微生物，有的能产生细菌毒素或真菌毒素，从而引起使用者中毒或其他严重疾病的发生。所以加强预防和控制措施，以保证产品的卫生质量就显得格外重要。

四、污染的预防与控制

（一）加强环境卫生管理

环境卫生的好坏对产品的卫生质量影响很大。环境卫生搞得好，其含菌量会大大下降，这样就会减少产品污染的概率；反之，环境卫生状况差，含菌量高，则污染概率增大。加强环境卫生管理，可着重从以下几个方面入手。

1. 做好粪便卫生管理工作

粪便含菌量大，经常含有肠道致病菌、虫卵和病毒等，这些都可能成为产品的污染源。搞好粪便的卫生管理工作，要重点做好粪便的收集、粪便的运输、粪便的无害化处理。目前粪便的无害化处理主要采取堆肥法、沼气发酵法、药物处理法、发酵沉卵法等方法，达到杀死虫卵和病原菌、提高肥料利用率、减少环境污染的目的。

2. 做好污水的卫生管理工作

污水分为生活污水和工业污水两类。生活污水中含有大量的有机物质和肠道病原菌，工业污水中含有不同的有毒物质，为了保护环境，保护产品用水的水源，必须做好污水的无害化处理工作。目前活性污泥法、悬浮细胞法、生物膜法、氧化塘法都是处理污水的常用手段。

3. 做好垃圾的卫生管理工作

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》所确立的废弃物治理原则是减量化、资源化、无害化。所谓减量化就是尽量避免垃圾的产生；所谓资源化就是积极推进废弃物资源的综合利用；所谓无害化就是废弃物的收运、处置都应以环境相允许，对人体健康和环境不产生危害为原则。

对于垃圾固体废物，常采用的处理方法是填埋、堆肥、焚烧等，垃圾生物处理新工艺因其完全符合废弃物治理原则，近年来得到了长足的发展。该工艺主要分为四个阶段：①过筛，回收可再生资源；②引入特定功能的微生物（主要是一些能高效降解有机物质，如降解纤维素、脂肪、蛋白质的微生物）进行好氧发酵或厌氧发酵，加速垃圾的降解过程；③同时收集发酵所产生的沼气；④经过充分发酵后的垃圾也是一种很好的农业肥料。

（二）加强企业卫生管理

为保证产品的卫生质量，不仅要加强环境卫生的管理，更要搞好企业内部的卫生管理，这点对于药品生产、食品生产等企业显得尤为重要。在这些企业中，所有工作都应围绕着控制污染源和切断污染途径而开展，对产品的生产、储藏、运输、销售各环节都要制定严格的卫生管理办法，并且执行落实到位。而对从业人员则必须加强卫生教育，使他们养成良好的卫生习惯。食品企业的工作人员还要定期到卫生防疫部门进行健康检查和带菌检查。我国规定对患有痢疾、伤寒、传染性肝炎等消化道传染病（包括带菌者）、活动性肺结核、化脓性或渗出性皮肤病人员，不得参加接触食品的工作。对患有上述疾病的职工，必须停止直接接触食品的工作，待治愈或带菌消失后，方可恢复工作。

（三）加强产品卫生检测

对产品卫生要求比较高的企业，应设有微生物检验室，以便随时了解生产原料、生产环境及产品的卫生质量。经检测发现不符合卫生要求的产品，一方面要采取相应的措施及时处理；更重要的是要查出原因，找出污染源，以便采取有力的对策，保证今后能生产出符合卫生要求的产品。

除了生产企业要加强产品卫生检测外，各地各级的产品质量监督管理部门、卫生防疫部门也要定期或经常对产品进行采样化验，起到监督管理的作用。这也对产品微生物检验技术提出了更高的要求，需要不断地改进技术，提高产品卫生检验的灵敏度和准确度。

五、微生物检验的任务和意义

微生物检验是基于微生物学的基本理论，利用微生物试验技术，根据各类产品卫生标准的要求，研究产品中微生物的种类、性质、活动规律等，用以判断产品卫生质量的一门应用技术。它是以技能操作为主的学科。

各类产品从原料、加工、储藏、运输、销售等各个环节，都会受到环境中微生物的污染，不同来源的微生物可通过各种途径污染暴露于环境中的各类产品，并在其中生长繁殖引起变质，影响产品的特性，甚至产生毒素、造成食物中毒、疾病传播等后果。因此，许多产品在生产、销售或使用之前必须对其进行微生物学检验。微生物学检验是产品卫生标准中的一个重要内容，也是确保产品质量和安全、防止致病菌污染和疾病传播的重要手段。

微生物检验的基本任务包括以下几个方面。

（1）研究各类产品的样品采集、运送、保存以及预处理方法，提高检出率。

（2）根据各类产品的卫生标准要求，选择适合不同产品、针对不同检测目标的最佳检测方法，探讨影响产品卫生质量的有关微生物的检测、鉴定程序以及相关质量控制措施；利用微生物检验技术，正确进行各类样品的检验。

（3）正确进行影响产品卫生质量的有关微生物的快速检测方法、自动化仪器的使用，并认真进行检验结果的分析和试验方法的评价。