



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

微生物检验

第二版

郝生宏 关秀杰 主编

WEISHENGWU
JIANYAN



化学工业出版社

“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

微生物检验

(第二版)

郝生宏 关秀杰 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《微生物检验》(第二版)从企业的实际要求出发,分析了企业微生物检测典型的工作任务,对工作任务中包含的关键技能进行了分析,同时参考国家职业标准有关要求,按照突出重点、覆盖全面、难易结合的原则,形成“以企业微生物典型检验任务为出发点,以微生物学基本技能为切入点”的教材编写思路,筛选出了微生物形态检测、微生物消毒灭菌、微生物培养基制备、微生物接种、微生物分离纯化、微生物计数、微生物菌种保藏、微生物生理生化鉴定、微生物血清学鉴定等9项基本技能,并以9项基本技能为基础,重点培养学生对食品微生物和食品生产环境微生物的综合检测能力,将食品微生物检验室的筹建和质量管理作为教材制高点,作为学生更高的职业目标的储备能力。

本书配有电子课件与《学生实践技能训练手册》,可从 www.cipedu.com.cn 下载使用。

本书适合作为高等职业院校农产品加工与质量检测、绿色食品生产与检验、食品检测技术、食品营养与卫生、食品质量与安全、食品营养与检测等食品类专业教材,也可作为相关技术人员的参考用书和行业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

微生物检验/郝生宏,关秀杰主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2015.12
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-25649-2

I. ①微… II. ①郝…②关… III. ①微生物检定-高等职业教育-教材 IV. ①Q93-331

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第264798号

责任编辑:李植峰 迟 蕾
责任校对:边 涛

装帧设计:张 辉

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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张18¼ 字数481千字 2016年10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:38.00元

版权所有 违者必究

《微生物检验》(第二版) 编审人员

主 编 郝生宏 关秀杰

副主编 吴佳莉 杨荣芳 金 岩 刘权树

参编人员 (按姓名汉语拼音排列)

曹乐民 (河南农业职业学院)

高慧君 (大连市韩伟集团)

关秀杰 (辽宁农业职业技术学院)

郝生宏 (辽宁农业职业技术学院)

胡志凤 (黑龙江农业职业技术学院)

金 岩 (北华大学林学院)

刘权树 (营口市疾病预防控制中心)

孙 睿 (佳木斯大学)

王成义 (大连市真爱果业有限公司)

吴佳莉 (辽宁农业职业技术学院)

吴翊馨 (沈阳体育学院)

徐启红 (漯河职业技术学院)

燕香梅 (辽宁省沈阳市农业检测中心)

杨 灵 (河南轻工职业学院)

杨荣芳 (辽宁农业职业技术学院)

杨玉红 (鹤壁职业技术学院)

主 审 王安国 (吉林省德大集团)

前 言

随着人们生活水平的不断提高，对食品数量的需求已经逐步过渡到对食品品质的要求，近几年，大量的食品安全事件被曝光，引发了人们对食品安全的极大关注。国家和政府高度重视食品安全问题，新修订的《中华人民共和国食品安全法》在 2015 年正式颁布实施。2011 年 8 月国家开展了全国性的“打四黑、除四害”行动，其中三项（打击制售假劣食品药品的“黑作坊”、打击制售假劣生产生活资料的“黑工厂”、打击收赃销赃的“黑市场”）涉及了食品生产、运输、销售等关键环节。2013 年，十八届三中全会中提出“完善统一权威的食品药品安全监管机构，建立最严格的覆盖全过程的监管制度，建立食品原产地可追溯制度和质量标识制度，保障食品药品安全。”可见，政府已把食品安全问题作为关乎国家和民族存亡的重大问题来抓，成为中国未来若干年持续的热点和敏感问题，相关企业的食品安全管理策略和措施也将随之面临调整和改进。

微生物的污染和防控是保障食品安全的一个基本环节，涉及食品原料的管理、生产过程的管理、储存管理、运输管理、销售管理等全过程。在食品企业的 HACCP 体系中，对微生物的防控是重要内容，具备扎实的微生物理论和操作技能对于满足未来食品企业品质管理和品质检验要求具有重要的意义。微生物检测是食品类专业的核心课程，也是食品行业和食品企业的关键技术。

本教材从企业的实际要求出发，分析了企业微生物检测典型的工作任务，对工作任务中包含的关键技能进行了分析，同时参考国家职业标准有关要求，按照突出重点、覆盖全面、难易结合的原则，形成“以企业微生物典型检验任务为出发点，以微生物学基本技能为切入点”的教材编写思路。筛选出了微生物形态检测、微生物消毒灭菌、微生物培养基制备、微生物接种、微生物分离纯化、微生物计数、微生物菌种保藏、微生物生理生化鉴定、微生物血清学鉴定等 9 项基本技能，并以 9 项基本技能为基础，重点培养学生对食品微生物和食品生产环境微生物的综合检测能力，将食品微生物检验室的筹建和质量管理作为教材制高点，作为学生更高的职业目标的贮备能力。

本书对传统微生物检测的知识和技能体系进行了较大调整，在编写体例上力求有所突破和创新，特别强调技能的实用性和难度的延伸性，试图在学生专业能力、社会能力的培养方面实现系统化的均衡发展，为学生未来职业规划提供有力的专业背景支撑，教材系统地、有针对性地形成了“双能力（微生物检测能力和实验室管理能力）并行，职业技能贯通（食品检验工—实验室主管）”的编写特色。本书配有电子课件和《学生实践技能训练手册》，可从 www.cipedu.com.cn 下载使用。

本书在编写过程中参阅了近年大量的微生物教材、国家标准、行业规范、企业文件，同时得到了食品论坛众多网友的支持，在此一并表示感谢。

本教材虽在一版基础上进行了认真修订，但也难免存在欠妥之处，敬请同行批评指正，编写组将不胜感激。

编者
2016 年 4 月

第一版前言

随着人们生活水平的不断提高,对食品数量的需求已经逐步过渡到对食品品质的要求。近几年,大量的食品安全事件被曝光,引发了人们对食品安全的极大关注。国家和政府高度重视食品安全问题,新的《中华人民共和国食品安全法》在2009年正式颁布实施,配套的《食品安全国家标准管理办法》在2010年相继颁布。2011年8月,国家又开展了全国性的“打四黑除四害”行动,其中三项(打击制售假劣食品药品的“黑作坊”、打击制售假劣生产生活资料的“黑工厂”、打击收赃销赃的“黑市场”)都涉及了食品的生产、运输、销售等关键环节。政府已把食品安全问题作为关乎国家和民族存亡的重大问题来抓,它将是未来若干年持续的热点和敏感问题。

微生物污染的防控是保障食品安全的一个基本环节,涉及食品原料的管理、生产过程的管理、储存管理、运输管理、销售管理等食品流通的全过程。在食品企业的HACCP体系中,对微生物的防控是重要内容,具备扎实的微生物理论和操作技能对于满足未来食品企业的品质管理要求具有重要的意义。微生物检验是食品类专业的核心课程,也是食品行业 and 食品企业的核心技术。

本教材从企业的实际要求出发,分析了企业中微生物检测典型的工作任务,对工作任务中包含的关键技能进行了分析,同时参考国家职业标准的有关要求,按照突出重点、覆盖全面、难易结合的原则,形成“以企业微生物典型检验任务为出发点,以微生物基本操作技能为切入点”的教材编写思路。筛选出了微生物观察技术、微生物消毒灭菌技术、微生物接种技术、微生物培养基制备技术、微生物分离纯化技术、微生物计数技术、微生物菌种保藏技术7项基本技能,以7项基本技能为基础,重点培养对食品微生物和环境微生物的综合检测能力,将食品微生物检验室质量管理作为教材的制高点,引导学生向更高的职业目标迈进。教材系统地、有针对性地构建了食品微生物检验人员的知识和能力框架,形成了“双能力(微生物检测能力和实验室管理能力)融合,职业技能贯通(食品检验工—实验室主管)”的教材编写特色。

本书由郝生宏、关秀杰担任主编,其中绪论由郝生宏、金岩编写;模块一的任务一由金岩编写;模块一的任务二、三、四;附录一、二、三、四由胡志凤编写;模块一的任务五、六、七由孙睿编写;模块二的任务一由关秀杰编写;模块二的任务二由吴佳莉编写;模块三由关秀杰编写;模块四由郝生宏编写;杨荣芳负责附录五的编写;郝生宏、杨荣芳负责附录六的编写;杨荣芳、胡克伟、魏丽红、肖彦春、雷恩春、蔡智军、郑虎哲、刘丽云、李文一、富新华、郝长红、李晗负责前期企业调研和任务分析;燕香梅、王成义、高慧君给教材编写提供了宝贵建议;郝生宏负责教材大纲的编制和后期统稿。

本书由吉林省德大集团的王安国担任主审。

本书在编写过程中参阅了近年大量的微生物教材、国家标准、行业规范、企业文件,同时得到了食品论坛众多网友的支持,在此一并表示感谢。

本书适用于农产品检测、食品加工、食品营养等食品类专业,在知识和技能体系方面进行了较大的调整,力求有所突破和创新,但难免存在考虑不周之处,敬请同行批评指正,编写组将不胜感激。

编者

2012年4月

目 录

绪论	1
一、微生物的概念	1
二、微生物的特点	2
三、微生物污染	3
四、微生物与食品安全	6
五、食品企业微生物防控措施	6
六、微生物检验的范围	7
七、微生物检验技术的发展	7
【拓展学习】微生物学的发展简史	9
【思考题】	11
模块一 微生物学基本操作技能	12
任务一 微生物形态检测	12
【理论前导】	12
一、细菌	12
二、放线菌	21
三、酵母菌	24
四、霉菌	28
【技能训练】	31
技能一 普通光学显微镜的使用	31
技能二 革兰染色	33
技能三 微生物大小的测定	34
【拓展学习】其他类型的显微镜的使用	35
【思考题】	38
任务二 微生物的消毒灭菌	38
【理论前导】	38
一、干热灭菌法	39
二、湿热灭菌法	39
三、过滤除菌	40
四、紫外线杀菌	41
五、药物杀菌	42
【技能训练】	43
技能一 干热灭菌	43
技能二 高压蒸汽灭菌	44
技能三 紫外杀菌	45
技能四 药物杀菌	46
【拓展学习】无菌室的消毒处理及超净工作台的使用	48
【思考题】	50
任务三 微生物培养基的制备	50

【理论前导】	50
一、培养基的营养	50
二、培养基的种类	51
三、培养基配制的原则	54
四、培养基配制的方法	55
【技能训练】	56
技能一 牛肉膏蛋白胨培养基的制备	56
技能二 PDA 培养基的制备	58
技能三 高盐察氏培养基的制备	58
【拓展学习】微生物的营养物质	60
【思考题】	63
任务四 微生物的接种	63
【理论前导】	63
一、无菌室或无菌条件	64
二、接种工具	64
三、接种方法	64
【技能训练】	65
技能 微生物斜面接种	65
【拓展学习】微生物培养方法	66
【思考题】	69
任务五 微生物的分离纯化	69
【理论前导】	69
一、无菌技术	69
二、用固体培养基分离纯培养	71
【技能训练】	75
技能一 微生物稀释倒平板分离	75
技能二 微生物涂布平板分离	77
技能三 微生物平板划线分离	78
【拓展学习】其他分离培养方法	80
【思考题】	82
任务六 微生物的计数	83
【理论前导】	83
一、直接计数法（计数板）	83
二、稀释平板计数法	84
三、最大可能数计数法	85
四、比浊法	87
五、浓缩法	88
【技能训练】	88
技能一 血细胞计数板计数	88
技能二 稀释平板法计数	89
【拓展学习】微生物的其他计数方法	91
【思考题】	92
任务七 微生物菌种保藏	92

【理论前导】	92
一、菌种保藏的目的	92
二、菌种保藏的原理	93
三、菌种保藏的方法	93
【技能训练】	99
技能 微生物菌种的斜面低温保藏	99
【拓展学习】其他的菌种保藏方法	101
【思考题】	102
任务八 微生物生理生化鉴定	103
【理论前导】	103
【技能训练】	104
技能一 糖、醇、糖苷类碳源的分解试验	104
技能二 甲基红 (MR) 试验	105
技能三 乙酰甲基甲醇 (V-P) 试验	105
技能四 吲哚试验	106
技能五 淀粉水解试验	107
技能六 果胶分解试验	107
技能七 油脂水解试验	108
技能八 石蕊牛乳试验	109
技能九 微生物生化反应快速鉴定试验 (纸片法)	109
【拓展学习】微生物的代谢	111
【思考题】	115
任务九 微生物血清学鉴定	115
【理论前导】	115
一、凝集试验	115
二、沉淀试验	118
三、补体结合试验	119
【技能训练】	119
技能一 载玻片凝集反应	119
技能二 试管凝集试验	120
技能三 沉淀试验	121
【拓展学习】现代微生物免疫学技术	122
【思考题】	123
模块二 食品微生物检测	124
任务一 食品微生物样品的采集与制备	124
【理论前导】	124
一、食品微生物检验流程	124
二、食品检样的取样方案	124
三、食品微生物样品采集	124
四、食品检样的预处理	127
五、食品检样的保存与送检	131
【技能训练】	131
技能一 固体样品的采集与制备	131

技能二 液体样品的采集与制备	132
【拓展学习】食品微生物取样计划	133
【思考题】	134
任务二 食品微生物检验	134
【理论前导】	134
一、食品的菌落总数	134
二、食品中的大肠菌群	135
三、食品中的霉菌和酵母菌	136
四、食品中的沙门菌	136
五、食品中的金黄色葡萄球菌	136
六、乳品中的乳酸菌	137
七、罐头食品的商业无菌要求	137
八、食品中的单核细胞增生李斯特菌	138
九、食品中的志贺菌	138
十、食品中的致泻性大肠埃希菌	138
十一、食品中的副溶血性弧菌	138
十二、食品中的阪崎肠杆菌	139
十三、食品中的双歧杆菌	139
十四、食品中的大肠埃希菌	139
【技能训练】	139
技能一 食品中菌落总数检测	139
技能二 食品中大肠菌群检测	142
技能三 食品中霉菌和酵母菌检测	145
技能四 食品中沙门菌检测	147
技能五 食品中金黄色葡萄球菌检测	154
技能六 乳品中乳酸菌检测	157
技能七 罐头食品的商业无菌检测	160
技能八 食品中单核细胞增生李斯特菌检测	168
技能九 食品中志贺菌检测	171
技能十 食品中致泻大肠埃希菌检测	178
技能十一 食品中副溶血性弧菌检测	183
技能十二 食品中阪崎肠杆菌检测	188
技能十三 食品中双歧杆菌检测	191
技能十四 食品中大肠埃希菌检测	195
【拓展学习】测试片法在微生物快速检测中的应用	197
【思考题】	199
模块三 食品生产环境微生物检测	200
【理论前导】	200
一、空气洁净度的微生物检测	200
二、水质的微生物学检验	203
【技能训练】	205
技能一 生活饮用水中细菌总数和总大肠菌群的检测	205
技能二 生产车间空气中微生物的测定	207

技能三 工作台（机械器具）表面与工人手表面的微生物检测	208
【拓展学习】食品包装材料的微生物检测	210
【思考题】	212
模块四 食品微生物检验室的管理	213
任务一 食品微生物检验室的筹建	213
【理论先导】	213
一、检验室的设计和建设	213
二、食品微生物检验室的环境监测	221
三、食品微生物检验室人员的配备与管理	222
四、仪器设备的配置与管理	226
五、食品微生物检验室试剂和材料的配置与管理	232
【技能训练】	234
技能 以一个乳制品企业为例，设计该企业微生物检验室的筹建方案	234
【拓展学习】食品微生物检验室常用设备维护与保养	235
【思考题】	237
任务二 食品微生物检验室的质量管理	237
【理论先导】	237
一、食品微生物检验室的质量管理体系	237
二、食品微生物检验室质量体系文件	237
三、食品微生物检验室内部审核	240
四、食品微生物检验室管理评审	244
五、食品微生物检验室文件管理	245
六、食品微生物检验室记录管理	247
七、食品微生物检验室样品管理	250
【技能训练】	251
技能 以一个乳制品企业为例，设计该企业微生物检验室的质量管理方案	251
【拓展学习】食品检验室的计量认证、审查认可与实验室认可	251
【思考题】	253
附录	254
附录一 微生物检验室玻璃器皿的洗涤和包扎	254
附录二 常用染色剂的配制	257
附录三 常用缓冲溶液的配制	258
附录四 常用培养基的配制	262
附录五 中国食品微生物限量规定	269
附录六 中国部分食品安全标准微生物限量规定	275
附录七 实验室意外事故的处理	278
参考文献	279

绪 论

【学习目标】

- 熟悉微生物的概念、分类和特点。
- 了解微生物在自然界的分布情况。
- 了解微生物与食品安全的关系。
- 知道微生物检验的范围。
- 了解微生物检验的发展方向。

当你清晨喝着可口的酸奶，品尝着香甜的面包时，你就已经开始享受微生物给你带来的美味；当你患病而躺在医院的病床上，经受病痛的折磨时，可能是有害的微生物入侵了你的身体；当抗生素类药物使你恢复健康时，你得感谢微生物给你带来的益处，因为抗生素是微生物的“奉献”。然而，有时高剂量的抗生素注射入你的体内后，效果甚微，甚至毫无效果，这也正是微生物的恶作剧——病原微生物对药物产生了耐药性。微生物在许多重要产品，例如奶酪、啤酒、抗生素、疫苗、维生素和酶等的生产中起着不可替代的作用，但同时也是食品污染的罪魁祸首。可以说，微生物与人类关系的重要性，怎么强调都不过分。微生物是一把十分锋利的双刃剑，它们在给人类带来巨大利益的同时也带来“残忍”的破坏。要想使微生物更好地为人类服务，做到在生产生活中能对其有效防控，必须熟悉微生物的活动规律、生活习性，这是人类认识并利用微生物的主要目标。

一、微生物的概念

（一）什么是微生物

微生物是一切肉眼看不见或看不清的微小生物的总称。它们广泛存在于自然界，形体微小、数量繁多、肉眼看不见，是需借助于光学显微镜或电子显微镜放大几倍、数百倍、数千倍甚至数万倍，才能观察到的最低等的微小生物。

（二）微生物的种类

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（如酵母菌、霉菌）、原生动物、显微藻类等都是真核细胞型微生物。

二、微生物的特点

微生物由于其个体都极其微小，由此形成了一系列与之密切相关的五个重要共性，即体积小、面积大；吸收多，转化快；生长旺，繁殖快；适应强，易变异；分布广，种类多。

1. 体积小，面积大

微生物的个体极其微小，必须借助显微镜放大几倍、数百倍、数千倍，乃至数万倍才能看清。

以细菌中的杆菌为例可以形象地说明微生物个体的细小。杆菌的宽度是 $0.5\mu\text{m}$ ，因此 80 个杆菌“肩并肩”地排列成横队，也只是一根头发丝的宽度。杆菌的长度约 $2\mu\text{m}$ ，故 1500 个杆菌头尾衔接起来仅有一粒芝麻长。

我们知道，把一定体积的物体分割得越小，它们的总表面积就越大，可以把物体的表面积和体积之比称为比表面积。如果把人的比表面积值定为 1，则大肠杆菌的比表面积值竟高达 30 万！这样一个小体积大面积系统是微生物与一切大型生物在许多关键生理特征上的区别所在。

由于微生物是一个如此突出的小体积大面积系统，从而赋予它们具有不同于一切大型生物五个重要共性。因为一个小体积大面积系统，必然有一个巨大的营养物质的吸收面、代谢废物的排泄面和环境信息的交换面，并由此产生其余四个共性。

2. 吸收多，转化快

微生物的比表面积大得惊人，所以它们与外界环境的接触面特别大，这非常有利于微生物通过体表吸收营养和排泄废物。因此，它们的“胃口”十分庞大。而且，微生物的食谱又非常广泛，凡是动植物能利用的营养，微生物都能利用，大量的动植物不能利用的物质，甚至剧毒的物质，微生物照样可以视为美味佳肴。如大肠杆菌（*Escherichia coli*）在合适的条件下，每小时可以消耗相当于自身重量 2000 倍的糖，而人要完成这样一个规模则需要 40 年之久。如果说一个 50kg 的人一天吃掉与体重等重的食物，恐怕无人会相信。

我们可以利用微生物的这个特性，发挥“微生物工厂”的作用，使大量基质在短时间内转化为大量有用的化工、医药产品或食品，使有害物质化为无害，将不能利用的物质变为植物的肥料，为人类造福。

3. 生长旺，繁殖快

微生物以惊人的速度“生儿育女”。例如大肠杆菌在合适的生长条件下，12.5~20min 便可繁殖一代，每小时可分裂 3 次，由 1 个变成 8 个；每昼夜可繁殖 72 代，由 1 个细菌变成 4722366500 万亿个（重约 4722t）；经 48h 后，则可产生 2.2×10^{43} 个后代，如此多的细菌的重量约等于 4000 个地球之重。

当然，由于种种条件的限制，这种疯狂的繁殖是不可能实现的。细菌数量的翻番只能维持几个小时，不可能无限制地繁殖。因而在培养液中繁殖细菌，它们的数量一般仅能达到每毫升 1 亿~10 亿个，最多达到 100 亿个。尽管如此，它们的繁殖速度仍比高等生物高出千万倍。

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要意义，可以提高生产效率，缩短发酵周期。

4. 适应强，易变异

微生物具有极其灵活的适应性或代谢调节机制，这是任何高等动、植物所无法比拟的。主要也是因为它们体积小、面积大。

微生物对环境条件，尤其是地球上恶劣的“极端环境”具有惊人的适应力，如高温、高酸、高碱、高盐、高辐射、高压、低温、高毒等，堪称世界之最。

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞或是非细胞的，它们通常是单倍体，加之具有繁殖快、数量多的特点，并且与外界环境直接接触，因此，即使其变异频率十分低（一般

为 $10^{-10} \sim 10^{-5}$), 也可在短时间内产生出大量变异的后代。有益的变异可为人类创造巨大的经济和社会效益, 如产青霉素的菌种产黄青霉菌 (*Penicillium chrysogenum*), 1943 年, 每毫升发酵液仅分泌约 20 单位的青霉素, 至今早已超过 5 万单位; 有害的变异则是人类各项事业中的大敌, 如各种致病菌的耐药性变异使原本已得到控制的传染病变得无药可治, 而各种优良菌种生产性状的退化则会使生产无法正常维持等。

5. 分布广, 种类多

虽然人们不借助显微镜就无法看到微生物, 可是它在地球上几乎无处不有, 无孔不入。江、河、湖、海、土壤、空气及人和动物的体内都有许多微生物。

微生物种类繁多。迄今为止, 我们所知道的微生物约有 10 万种, 但据估计目前已知的微生物的种类只占地球上实际存在的微生物总数的 20%, 所以, 微生物很可能是地球上物种最多的一类。微生物资源是极其丰富的, 但在人类生产和生活中仅开发利用了已发现微生物总数的 1%。

三、微生物污染

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。

(一) 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都不大。在表层土几毫米以下, 微生物便可免于被阳光直射致死。这些都为微生物的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%, 每克土壤中的数量可达 $10^7 \sim 10^9$ 个, 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的时间较长。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, 土壤也是产品中微生物污染的重要来源。

(二) 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，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，微生物的数量也多。如在商场、医院、宿舍、城市街道等公共场所的空气中，微生物的数量最多；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，微生物的数量则甚少。

空气中的微生物是引起各类污染的主要原因。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。

（三）水

水体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物和有机物，可作为微生物的营养物质，所以水体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每毫升 $10^7 \sim 10^8$ 个，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杆菌、痢疾杆菌、霍乱弧菌等病原体。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。

水在产品的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，那它就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。

（四）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，除少数抗酸菌外，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，占粪便干重的 1/3 左右。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。

（五）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，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，其中曲霉属危害最大。花生、玉米等农作物最易被黄曲霉菌污染，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引起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（如肌肉、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。

屠宰过程中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身体的各部位。屠宰后的畜禽丧失了先天的防御机能，微生物侵入组织后会迅速繁殖。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。

健康动物的乳汁本身是无菌的，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、挤奶员的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：①病原菌通过血液循环进入卵巢，在蛋黄形成时进入蛋中；②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，由于蛋遇冷收缩，附在蛋壳上的微生物可穿过蛋壳进入蛋内；③鲜蛋储存期长或经过洗涤，环境中的微生物通过蛋壳上许多大小为4~6μm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。

（六）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，若不加清洗或消毒而连续使用，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