

“十三五”职业教育规划教材

食品微生物学 及 实验技术

第二版

The Second Edition

陈红霞 张冠卿 主编

SHIPIN

WEISHENGWUXUE

JISHIYAN JISHU

更多精彩内容请扫描二维码



化学工业出版社

“十三五”职业教育规划教材

食品微生物学 及 实验技术

第二版
The Second Edition

陈红霞 张冠卿 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《食品微生物学及实验技术》(第二版)内容分为微生物学和微生物实验技术两篇。微生物学部分内容包括原核微生物、真核微生物、非细胞微生物、微生物的营养与代谢、微生物的培养与生长、微生物与环境、微生物菌种选育与保藏、微生物发酵产品、微生物菌体、食品腐败变质与食品保藏、微生物与食源性疾病等,具体介绍了细菌、放线菌、蓝细菌、酵母菌、霉菌的细胞形态、结构、繁殖、菌落特征和病毒的结构,微生物培养的技术、生长测定技术、生长规律和与环境的关系,微生物菌种选育和保藏技术,微生物在食品中的具体应用、食品污染及食品保藏技术等内容。微生物实验技术部分由微生物实验基本技术及基本技能训练、食品微生物检验技术及岗位技能训练和食品微生物发酵技术及生产技能训练组成,内容包括微生物实验室基本建设、普通光学显微镜的构造及使用、细菌染色和革兰染色技术等二十个实训项目。

本书配有相应的数字化教学资源,可以通过扫描二维码的形式学习;电子课件可从 www.cipedu.com.cn 下载参考。

本书可供食品类专业以及食品生物技术、农产品加工与质量检测等相关专业师生使用,也可作为从事相关工作的研究和专业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物学及实验技术/陈红霞,张冠卿主编. —2版.
—北京:化学工业出版社,2019.6
“十三五”职业教育规划教材
ISBN 978-7-122-34125-9

I. ①食… II. ①陈…②张… III. ①食品微生物-微生物学-实验-高等职业教育-教材 IV. ①TS201.3-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第051215号

责任编辑:迟蕾 李植峰 张春娥
责任校对:宋玮

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:北京京华铭诚工贸有限公司

装订:三河市振勇印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19 字数503千字 2019年9月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

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:49.80元

版权所有 违者必究

《食品微生物学及实验技术》(第二版) 编写人员

主 编	陈红霞	张冠卿
副主编	杜璋璋	张 铎 杨 枫 郭晓琴 石 晓
参编人员	陈红霞	济宁职业技术学院
	陈 洁	湖北大学知行学院
	杜璋璋	济宁职业技术学院
	董雪丽	武汉生物工程学院
	段永兰	河南工贸职业学院
	郭晓琴	郑州工程技术学院
	何飞燕	广西职业技术学院
	胡晓凤	烟台工程职业技术学院
	雷湘兰	海南职业技术学院
	李翠华	东营职业学院
	刘 芳	东营职业学院
	刘 萌	郑州工程技术学院
	刘名江	东营职业学院
	逯 昀	商丘职业技术学院
	马玉玲	内蒙古农业大学职业技术学院
	沈淑平	重庆职业学院
	宋喜云	潍坊职业学院
	石 晓	漯河医学高等专科学校
	王 岚	郑州工程技术学院
	王德芝	信阳农林学院
	杨 枫	山东省嘉祥县人民医院
	岳小禹	河南牧业经济学院
	张 铎	河北化工医药职业技术学院
	张冠卿	复大生物工程研究所
	张税丽	平顶山工业职业技术学院
	张 艳	河南质量工程职业学院
	周爱芳	广东轻工职业技术学院



前 言

本教材是根据教育部有关高职高专教材建设的文件精神，以高职高专食品类专业学生的培养目标为依据编写的。为增强本教材的实用性和先进性，在教材编写过程中，对全国各高职高专院校食品类专业建设做了充分的调研，广泛征求食品企业专家和食品微生物授课老师的意见，并修正了第一版使用过程中发现的不足。本书编写团队由多个国家示范高职院校的专业带头人、骨干教师和龙头企业的一线技术员组成，丰富的课程建设经验、技术开发经验和实际操作经验为校企合作开发优质教材打下了坚实的基础。

本书的指导思想是突出高职高专教育特色，实现课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接；依据高职教育专业的教学标准和企业人才需求，着力体现实用性和实践性；注重理论与实践相结合，加强对学生应用能力和职业岗位操作技能的培养。理论部分本着“必需、够用为度”的原则，力求创新，引入最新国家标准和行业标准，引入与生产结合密切的新知识、新技术；实训内容更切合企业用人的需要，凸现了基本技能、岗位技能和生产技能的训练，同时加强了学生后续再学习和创新能力的训练，体现了“十三五”规划教材的先进性。

本书选材合适，层次分明，内容安排合理，打破了传统的编写思路和组织形式，对微生物学的内容做了更为科学的分类，增加了知识扩展和技能扩展内容。基于微生物学的特点，突出教学内容的直观性、使用性以及操作技术的准确性，教材中插入了大量的图片，图文并茂。此外，还制作了与教材相匹配的数字化教学资源，并以扫描二维码的形式供学生学习使用，电子课件可从 www.cipedu.com.cn 下载参考。

本书实用性强，适用于职业院校的各类微生物学相关专业：①食品工业类，食品质量与安全、食品检测技术、食品营养与检测和食品加工技术等专业；②药品制造类，药品生产技术、生物制药技术等专业；③生物与化工类，食品生物技术、药品生物技术、农业生物技术、生物产品检验检疫等专业；④农林牧渔类，农产品加工与质量检测、绿色食品生产与检验专业；⑤环境保护类，环境工程技术专业。本书也可供在工业、农业、医药卫生、化工、环保领域进行微生物方面研究和应用的人员参考。

全书由陈红霞、张冠卿统稿并做整理修改，数字化资源由张冠卿、杨枫、张铎审核并修改。本书在编写过程中参阅了近年微生物研究资料、教材、国家标准、行业标准、职业标准、行业规范等，在调研中得到众多食品企业的支持，在此，编者一并表示感谢！由于编者水平和时间有限，书中难免存有不妥之处，敬请有关专家、老师、读者给予批评指正。

编者

2019.2



第一版前言

本教材是根据教育部有关高职高专教材建设的文件精神，以高职高专食品类专业学生的培养目标为依据编写的。为增强本教材的实用性，在教材的编写过程中，对全国各高职高专院校食品类专业建设做了充分的调研，广泛征求了食品企业专家和食品微生物授课老师的意见，组织从事高职高专食品专业教学多年的教师编写。

本书的指导思想是突出高职高专教育特色，着力体现实用性和实践性，注重理论与实践相结合，加强对学生应用能力和操作技能的培养。理论部分本着“必需、够用”的原则，突出实验、实训的教学，力求创新，为体现教材的先进性，把与生产结合密切的新知识、新技术引入教材中，尽可能与生产应用、企业对培养人才的需求保持同步。

由于本书实用性较强，除作为高职高专食品类专业学生的教材外，也可供工业、农业、医药卫生、化工、环保领域从事微生物应用工作的人员参考。

本书选材合适，层次分明，内容安排合理，并基于微生物的特点，突出教学内容的直观性、实用性及操作技术的先进性、规范性，教材中采用了大量的图片，图文并茂。

本书共分两篇。第一篇是微生物理论与应用，由十二章组成，关于微生物基础理论知识，有9章内容，介绍了微生物的基本概念，原核微生物、真核微生物、非细胞微生物的形态结构、繁殖及应用；讲述了微生物的营养、微生物的生长规律、微生物的代谢、微生物的遗传与育种和菌种保存、微生物的生态、微生物的分类和鉴定等知识，其中在讲述培养基时增加了发酵生产中培养基处理的内容。关于微生物在食品领域的应用，有3章内容，分别是：微生物在食品生产中的应用，增加了食用菌的有关内容；食品腐败变质与食品保藏；微生物与食源性疾病。第二篇是食品微生物实验实训，包括3章内容，分别是：微生物实验室的基本建设与安全；微生物实验基本技术，其中选编了典型的10个微生物基础实验，包括微生物的形态观察、微生物的测定、微生物的培养技术、微生物菌种的保存，增加了1个食用菌制种过程的综合实验；食品微生物实训，精选了食品生产中常用的7个检验项目。此外，本书章节之间插入了一些相关的阅读资料，以扩展学生的知识视野。

本书由陈红霞和李翠华主编，王德芝和石晓为副主编。第一章、第四章由马玉玲编写，第二章第一、第三节由杜璋璋编写，第二节由陈红霞编写，第三章由周爱芳编写，第五章的第一节~第三节和阅读小资料由李翠华编写，第四节~第八节由陈洁编写，第六章由沈

淑平和刘名江共同编写,第七章由石晓编写,第八章由段永兰编写,第九章由雷湘兰编写,第十章的第一节、第二节由何飞燕编写,第三节由王德芝编写,第四节由张艳编写,第五节由王德芝和张艳共同编写,第十一章由董雪丽编写,第十二章由岳晓禹编写,第十三章、第十四章的实验一~实验八由陈红霞编写,第十四章的实验九及实验十、综合实验由张艳编写,第十五章的实训一、实训二由李翠华编写,实训三~实训六由张税丽编写,实训七由张艳编写,第三章、第八章课后阅读小资料由张艳编写。附录一、附录二、附录四由逯昀编写,附录三、附录五由王德芝编写。王德芝对第六章~第十二章进行了统稿。全书由陈红霞统稿并作修改。丁立孝教授担任本书的主审,并提出了宝贵意见。

由于编者水平和时间有限,书中难免存有不妥之处,敬请有关专家、老师、读者给予批评指正。

编者

2008年3月



目 录

第一篇 微生物学

绪论	2
一、微生物及其特点	2
二、微生物的分类及命名	3
三、微生物学的形成和发展	5
四、食品微生物学及任务	7
自主复习题	9
第一章 原核微生物	10
第一节 细菌	10
一、细菌的形态和大小	10
二、细菌的细胞结构	12
三、细菌的繁殖与菌落形态特征	18
四、食品中常见细菌简介	20
第二节 放线菌	21
一、放线菌的形态与结构	22
二、放线菌的繁殖和菌落特征	23
第三节 蓝细菌	25
一、蓝细菌的形态结构	25
二、蓝细菌的繁殖方式	25
三、常见蓝细菌及其在食品中的应用与开发	26
知识拓展 常见的其他原核微生物	27
自主复习题	28
第二章 真核微生物	29
第一节 酵母菌	29
一、酵母菌的形态与结构	30
二、酵母菌的繁殖和菌落特征	31
三、食品中常见的酵母菌	36
第二节 霉菌	37
一、霉菌的形态与结构	38
二、霉菌的繁殖和生活史	39
三、霉菌的菌落特征	42
四、食品中常见的霉菌	43

第三节 蕈菌	46
一、担子菌的形态结构及生活史	47
二、担子菌的繁殖方式	48
三、常见的担子菌	49
知识拓展 食品中常见的其他真核微生物简介	49
自主复习题	51
第三章 非细胞型微生物	52
第一节 病毒和亚病毒	52
一、病毒的主要特征	52
二、病毒的形态结构	53
三、病毒的分类	55
四、亚病毒	55
第二节 噬菌体	56
一、噬菌体的形态结构	56
二、噬菌体的繁殖	57
三、食品中噬菌体的检查方法与预防	60
自主复习题	62
第四章 微生物的营养与代谢	63
第一节 微生物的营养	63
一、微生物细胞的化学组成	63
二、微生物生长的营养物质及其生理功能	64
三、微生物的营养类型	66
四、微生物对营养物质的吸收	68
第二节 微生物培养基	70
一、选用和设计培养基的原则和方法	70
二、培养基的类型	72
三、培养基的制备方法	75
四、微生物的营养需求与生产原料的处理	76
第三节 微生物的代谢	77
一、微生物的能量代谢	78
二、微生物的物质代谢	83
三、食品工业中微生物的发酵作用	85
自主复习题	87
第五章 微生物的培养与生长	88
第一节 微生物的培养	88
一、无菌技术	88
二、微生物的纯培养	90
三、微生物的培养方法	92
第二节 微生物生长的测定	93
一、直接计数法	93
二、间接计数法	93
三、重量法	96
四、生理指标测定法	96
第三节 微生物的生长繁殖方式和规律	96
一、微生物的生长	96
二、微生物的个体生长和同步生长	97
三、微生物的生长繁殖规律	99
四、生长曲线对生产实践的指导意义	101
知识拓展 工业上常用的食品发酵技术	102
自主复习题	106

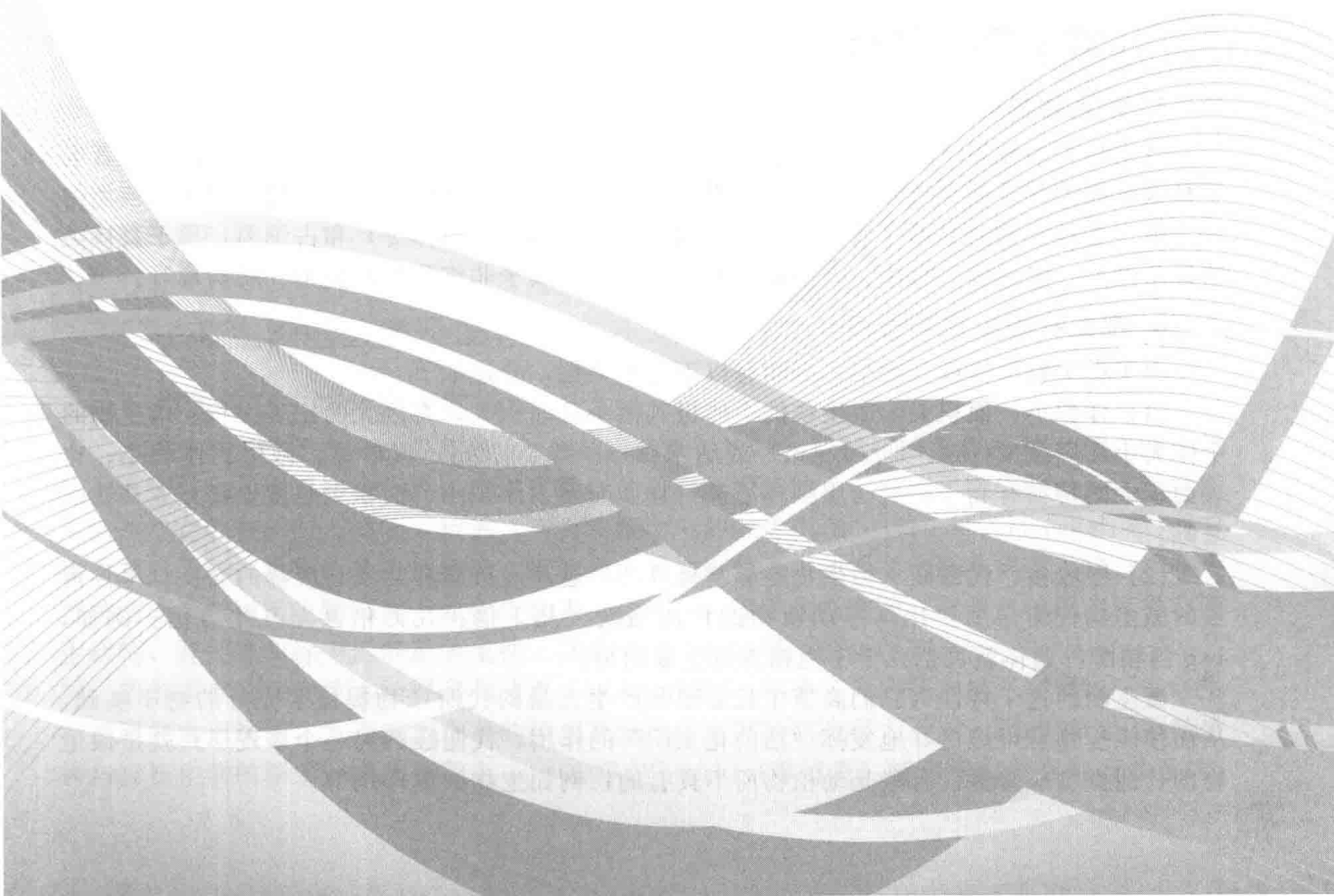
第六章 微生物与环境	107
第一节 环境条件对微生物生长的影响	107
一、基本概念	107
二、微生物生长的环境影响与控制	108
第二节 微生物的生态	116
一、微生物在自然界中的分布	116
二、微生物与生物环境间的关系	119
自主复习题	122
第七章 微生物菌种选育与保藏	123
第一节 微生物遗传、变异的物质基础	123
一、证明核酸是遗传、变异物质基础的经典实验	123
二、遗传物质在细胞内的存在方式	126
第二节 微生物育种	128
一、基因突变与诱变育种	128
二、基因重组与杂交育种	134
三、原生质体融合与育种	139
四、基因工程用于菌种改良	139
第三节 微生物菌种复壮与保藏	140
一、菌种的衰退	140
二、菌种的复壮	141
三、菌种的保藏	142
四、国内外菌种保藏机构	144
自主复习题	144
第八章 微生物发酵产品	146
第一节 微生物在发酵食品中的应用	146
一、微生物与酿醋	146
二、微生物与酿酒	148
三、发酵乳制品	151
四、酱油	153
五、豆腐乳类	155
第二节 微生物酶制剂及其应用	156
一、主要酶制剂及产酶微生物	157
二、微生物酶制剂的生产	158
三、酶在食品中的应用	160
第三节 微生物发酵生产各种有机酸	161
一、柠檬酸	162
二、乳酸	162
三、氨基酸	163
第四节 微生物食品添加剂	165
一、微生物多糖	165
二、葡萄糖酸- δ -内酯	167
三、食用色素	168
自主复习题	169
第九章 微生物菌体	170
一、食用菌	170
二、单细胞蛋白	174
自主复习题	176
第十章 食品腐败变质与食品保藏	177
第一节 食品的微生物污染与腐败变质	177
一、食品中微生物的来源与污染途径	177

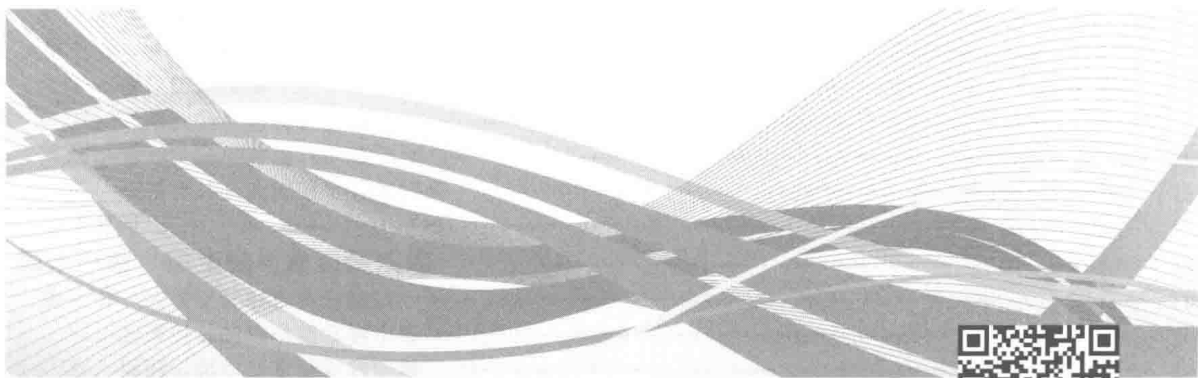
二、食品腐败变质	178
第二节 食品保鲜和保藏技术	191
一、食品防腐保鲜	191
二、常用食品的防腐、保藏技术	191
三、几种食品的防腐、保藏方法	195
四、加强食品企业的卫生管理措施	196
自主复习题	198
第十一章 微生物与食源性疾病	199
第一节 细菌引起的食源性疾病	199
一、细菌引起的感染型食物中毒	200
二、细菌引起的毒素型食物中毒	204
第二节 霉菌引起的食源性疾病	206
一、霉菌产毒的特点	206
二、主要霉菌毒素	206
三、霉菌毒素引起食物中毒的特点	209
四、防霉方法与去毒措施	209
自主复习题	211

第二篇 微生物实验技术

第十二章 微生物实验基本技术及基本技能训练	214
实训一 微生物实验室基本建设	214
实训二 普通光学显微镜的构造及使用	220
实训三 细菌染色和革兰染色技术	226
实训四 放线菌形态观察	230
实训五 霉菌的形态观察	232
实训六 酵母菌的形态观察及死、活细胞的鉴别	233
实训七 微生物细胞大小的测定和显微镜直接计数	235
实训八 常用玻璃器皿的准备	238
实训九 微生物培养基制备	243
实训十 微生物的接种	245
实训十一 微生物的分离与纯化	251
实训十二 微生物菌种保藏	254
第十三章 食品微生物检验技术及岗位技能训练	257
实训十三 食品样品的采集与制备	257
实训十四 食品中细菌总数的测定	261
实训十五 食品中大肠菌群的测定	266
实训十六 食品中金黄色葡萄球菌的检验	268
实训十七 食品中的沙门菌检验	271
第十四章 食品微生物发酵技术及生产技能训练	276
实训十八 酸乳的制作与乳酸菌单菌株发酵	276
实训十九 甜酒酿的制作	278
实训二十 食用菌菌种制备	279
附录	282
一、染色液的配置	282
二、洗涤液的配方	283
三、常用消毒剂的配制	283
四、常用的培养基配方	284
五、常用干燥剂	291
参考文献	292

第一篇 微生物学





绪 论



学习目标

1. 掌握微生物的基本概念及特点。
2. 了解微生物学的形成与发展。
3. 了解微生物的分类与命名。
4. 明确食品微生物学的研究对象和任务。
5. 了解食品微生物的研究和应用前景。

一、微生物及其特点

1. 微生物的概念

微生物大多数为单细胞，是自然界中个体微小、结构简单，必须借助光学显微镜或者电子显微镜放大几千倍至数万倍才能使肉眼可见的一类低等生物的通称。它包括属于原核类的真细菌（各种常见的细菌、放线菌、立克次体、支原体、衣原体等）和古细菌；属于真核类的显微藻类、酵母菌、霉菌、大型真菌和原生物；属于非细胞类的病毒、朊病毒等。

2. 微生物的生物学特点

由于微生物形体极其微小，因而有以下几个共性，分述如下。

(1) 体积小、面积大 微生物的个体极其微小且面积大，有巨大的比表面积。微生物的个体大小需用微米(μm ，即 10^{-6}m) 或纳米(nm ，即 10^{-9}m) 作单位。微生物体积小、比表面积大的特征有利于它们与周围环境进行物质交换。体积小、面积大是微生物五大共性的基础。

(2) 吸收多、代谢旺 微生物能够与外界环境迅速进行营养物质与废物的交换。单位重量的微生物代谢强度要比高等动植物的代谢强度大几千倍、几万倍甚至几十万倍。例如，1kg 酒精酵母菌体就可把几千千克糖发酵生成酒精。

微生物的这个特性为它们高速生长繁殖和产生大量的代谢产物提供了充分的物质基础，从而使微生物有可能更好地发挥“活的化工厂”的作用。代谢旺的另一个表现形式就是微生物的代谢类型非常多，有些是动植物所不具有的，例如生物固氮作用等。

在生产实践中,应用这个特点不仅可以获得种类繁多的发酵产物,而且可以开发比较简便的生产工艺流程。但是当食品遇到腐败微生物,或发酵被杂菌污染时,若微生物代谢越旺,则损失就越大。

(3) 食谱杂、易培养 微生物利用物质的能力很强。凡是能被动植物利用的物质,例如蛋白质、糖类、脂肪及无机盐等,微生物都能利用。有些微生物也能利用不能被动植物利用的物质,例如纤维素、石油、塑料等。还有一些对动植物有毒的物质,例如氰、酚、聚氯联苯等,也能被一些微生物分解利用。微生物这个特点有利于开展综合利用,化废为宝,为社会创造财富。

由于微生物食谱杂,原料来源广泛,容易培养,而且大多数微生物一般能在常温常压下进行生长繁殖、新陈代谢和各种生命活动,因此利用多种原料进行发酵生产各种微生物产品,并且培养微生物不受季节、气候的影响因而可以长年累月地进行工业化生产。

(4) 生长旺、繁殖快 微生物具有超常的繁殖速度。以大肠杆菌为例,在适宜的条件下,20~30min即可繁殖1代,按这样的速度计算,24h可以繁殖多达72代,菌体数目多达 4.7×10^{21} 个。微生物这种惊人的繁殖速度为在短时间内获得大量的菌体提供了极为有利的条件。相反,如果发酵受到微生物的污染,其危害性也是十分严重的。

(5) 适应强、易变异 微生物对环境尤其是恶劣环境具有的惊人适应力,堪称生物界之最。例如:在海洋深处的某些硫细菌可在250℃甚至300℃的高温条件下正常生长;大多数细菌能耐-196~0℃(液氮)的任何低温,甚至在一253℃(液态氢)下仍能保持生命;一些嗜盐菌甚至能在32%左右的饱和盐水中正常生活;许多微生物尤其是产芽孢的细菌可在干燥条件下保藏几十年、几百年甚至上千年。微生物容易发生变异,而且可在很短时间内出现大量的变异后代。变异的表现可涉及形态构造、代谢途径、抗性、抗原性的形成与消失、代谢产物的种类和数量等。

微生物适应强、易变异的特点对于发酵工业较为有益,而对大多数的食品行业则不利。

(6) 分布广、种类多 地球上除了火山中心区域外,到处都有微生物的踪迹。在自然界,上至数万米的高空,下至万米深的海底,都有大量与其相适应的微生物在活动着。动植物体内外也有大量的微生物存在,例如在人体肠道中,经常聚居着100~400种不同种类的微生物,菌体总数可达100万亿左右。

目前比较肯定的微生物种数约有10万种,随着分离、培养方法的改进和研究工作的深入,微生物的新种、新属、新科甚至新目、新纲屡见不鲜。微生物的资源极其丰富,利用微生物的前景也是十分广阔的。

二、微生物的分类及命名

1. 微生物在生物分类中的地位

生物分类工作是在200多年前Linnaeus(林奈,1707—1778)的工作基础上建立的。他将生物划分为动物界和植物界,二者在概念上是十分明确的。在发现了微生物以后,学者们习惯于把它们分别归入动物或植物,列为动植物中的低等类型。1866年,Haeckel(黑克尔)提出三界系统,把生物分为动物界、植物界和原生生物界,他将那些既非典型动物、也非典型植物的单细胞微生物归属于原生生物界中。在这一界中包括细菌、真菌、单细胞藻类和原生动物,并把细菌称为低等原生生物,其余类型则称为高等原生生物。

随着微生物研究技术的提高和改进,到20世纪50年代,人们利用电子显微镜观察微生物细胞的内部结构,发现典型细菌的核与其他原生生物的核有很大不同,因此提出了原核生物与真核生物的概念。在此基础上,1969年Whittaker(惠特克)提出生物分类的五界系统,

其中包括原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。

目前较为流行的分类体系将所有的生物分为：动物界、植物界、原生生物界、原核生物界、真菌界、古细菌界和病毒界。根据此体系，除动物界和植物界的生物外，其他均属于微生物的范畴。

表 0-1 微生物在生物六界系统中的地位

生物界名称	主要结构特征	微生物类群名称
病毒界	无细胞结构,大小为纳米(nm)级	病毒、类病毒等
原核生物界	为原核生物,细胞中无核膜与核仁的分化,大小为微米(μm)级	细菌、蓝细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次体、螺旋体等
原生生物界	细胞中具有核膜和核仁的分化,为小型真核细胞	单细胞藻类、原生动物的等
真菌界	单细胞或多细胞,细胞中具有核膜和核仁的分化,为小型真核细胞	酵母菌、霉菌等
植物界	细胞中具有核膜和核仁的分化,为大型非运动真核细胞	
动物界	细胞中具有核膜和核仁的分化,为大型能运动真核细胞	

从表 0-1 可见,在生物六界系统中微生物占有四界,它既包括无细胞结构的生物,也包括具细胞结构的生物,显示了微生物分布的广泛性及其在自然界中的重要地位。

2. 微生物的分类单元

分类是人类认识微生物,进而利用和改造微生物的一种手段,只有在掌握了分类学知识的基础上,才能对繁杂的微生物类群有一个清晰的认识,了解其亲缘关系与演化关系,为人类开发利用微生物资源提供依据。

微生物的主要分类单元依次分为 7 个等级,它们是:界、门、纲、目、科、属、种。种是微生物分类的基本单元;性质相似、相互有关的多个种构成属;相近的属合并为科;近似的科合并为目;近似的目合并为纲;综合各纲成为门,由此而构成一个完整的分类体系。

必要时,还可在上述分类单元之间设中间类群。例如在门与纲之间可设超纲;在纲与目之间可设亚纲、超目;在目与科之间可设亚目、超科;在科与属之间可设亚科、族、亚族等。

鉴定微生物种时,只有在所有鉴别特征都与已知的模式种相同的情况下才能定为同种。而实际上,由于变异的绝对性,被鉴定的微生物总是在某个或某些特征上与模式种有明显而稳定的差异。这样,在微生物种以下就必须再分为亚种、变种、型或菌株等级别。

(1) **种** 是显示高度相似性、亲缘关系极其接近、与同属内其他种有明显差异的一群菌株的总称。

(2) **亚种** 是种的进一步细分的单元,一般是指在某一个特征上与模式种有明显而稳定差异的菌种,如金黄色葡萄球菌的厌氧亚种。

(3) **型** 是同一细菌种内显示很小生物化学与生物学差异的菌株,常用于细菌(尤其是致病菌)中紧密相关菌株的区分。所以可以认为,型是细菌亚种的再细分。根据抗原性的差异,可以分为不同的血清型,如肺炎双球菌的 I 型、II 型、III 型等;根据对噬菌体敏感性的不同,可以分成许多不同的噬菌体型,如带有 Vi 抗原(一种表面抗原)的伤寒沙门菌可被 Vi 噬菌体分为 80 多个噬菌体型。此外,还有形态型、生理型、生态型、化学型、溶菌型与致病型等。不过,目前在这些表示型的术语中常用变型作为型的代用后缀,如生物变型、形

态变型以及血清变型等。

(4) 菌株 又称品系。一个菌株是指由一个单细胞繁衍而来的克隆或无性繁殖系中的一个微生物或微生物群体。所以，一个微生物可以有许许多多菌株，它们在遗传上是相似或一致的。同一种微生物的不同菌株虽然在作为分类鉴定的一些主要性状上是相同的，但是在次要性状（如生化性状、代谢产物和产量性状）上可以有或大或小的差异。正因为同一种微生物可以有許多菌株，所以菌株常用字母和/或编号来表示。例如枯草杆菌 AS1.398 表示产蛋白酶高的枯草杆菌菌株，而 BF7658 则表示产 α -淀粉酶高的枯草杆菌。

在种以下的分类单元中除以上列出的之外，还有一些非正式的、涵义不太明确因而一般不常使用的名称，如类群、小种、相以及态等。

3. 微生物的命名

微生物的名字有俗名和学名两种。俗名是通俗的名字，如铜绿假单胞菌俗称绿脓杆菌、大肠埃希菌的俗名为大肠杆菌等。学名是微生物的科学名称，它是按照有关微生物分类的国际委员会拟定的法则命名的。学名的命名常用双名法，学名由拉丁词、希腊词或拉丁化的外来词组成。

采用双名法命名时，学名由属名和种名构成，用斜体表示，属名在前，而且第一个字母要大写，种名在后，全部小写，学名后还要附上首个命名者的名字和命名的年份，但这些都用工体表示。如金黄色葡萄球菌（俗称“金葡菌”）*Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884。不过在一般情况下使用时，后面的正体字部分可以省略。

随着分类学的不断深入，常会发生种转属的情况。例如 Weldin 在 1927 年把原来的猪霍乱杆菌 (*Bacillus choleraesuis* Smith 1894) 这个种由杆菌属转入沙门菌属，定名为猪霍乱沙门菌 (*Salmonella choleraesuis*)，这时就要将原命名人的名字置于括号内，放在学名之后，并在括号后再附以现命名者的名字和年份，这样就成了 *Salmonella choleraesuis* (Smith) Weldin 1927。如果是新种，则要在新种学名之后加“sp. nov.”（其中 sp. 为物种 species 的缩写；nov. 为 novel 的缩写，新的意思），例如 *Methanobrevibacterium espanolae* sp. nov.（埃斯帕诺拉甲烷杆菌，新种）。有时在对某个或某些分离物进行分类鉴定时，属名已肯定，但种名由于种种原因而一时尚难确定，这时就可用在属名后暂加“sp.”或“spp.”的方式来解决。例如 *Methanobrevibacter* sp. 是表示一个尚未确定其种名的甲烷短杆菌物种，意为“一种甲烷短杆菌”；而 *Methanobrevibacter* spp. 表示若干未定种名的甲烷短杆菌物种，其中的 spp. 是物种复数的简写。

三、微生物学的形成和发展

微生物学的研究对象是微生物。研究微生物及其生命活动规律的科学称为微生物学。人类在长期的生产实践中利用微生物、认识微生物、研究微生物、改造微生物，使微生物学的研究工作日益得到深入和发展。

1. 感性认识的史前时期

远在 8000 年以前开始的食物生产时期，就已发生了由食物引起的疾病传染和由不适当的贮藏方法而引起的食物快速腐败问题。公元前 6000 年左右，人类已经掌握了酿酒和食物保藏的技术。公元前 3000 年埃及人就食用牛奶、白脱油和乳酪。公元前 3000~1200 年，中国人和希腊人已经食用咸鱼，这种腌制技术以后又传至罗马。公元前 1000 年罗马人创造了

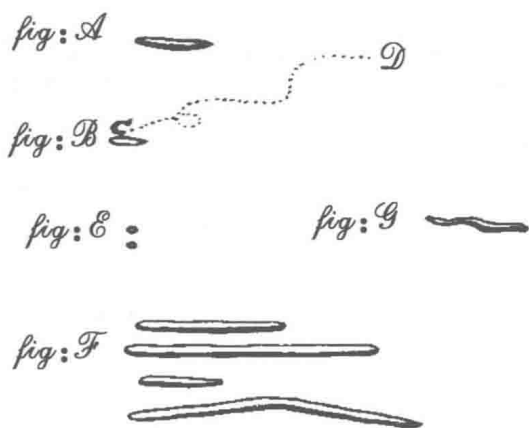


图 0-1 列文虎克的细菌图
A~D、F、G 是杆状的；E 为球状的

用雪保藏食品的方法，之后又发明了一个新的食品保藏方式——烟熏肉技术。公元 943 年，法国记载了由麦角中毒而引起的四万多人死亡的事件，但当时不清楚引起死亡的毒素是由麦角真菌所产生的。虽然人类在生产实践和日常生活中已经开始利用微生物，并且积累了丰富的经验，但还未见到微生物个体的存在。

2. 形态学时期

1675 年，荷兰人列文虎克(Leeuwenhoek, 1632—1723)用自己发明的能放大 200~300 倍的显微镜第一次观察到了原生动物，1683 年又发现了细菌。他将这些微小生物称为

“微动物”，把观察到的物质做了详细记载并描绘成图（图 0-1），首次向人们揭示了微生物世界。

3. 生理学时期

这个时期是从 19 世纪中期开始，对微生物学发展起到了至关重要的作用。法国科学家巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895) 是这一发展阶段的杰出代表。巴斯德在进行酒精发酵实验时发现酵母菌能引起酒精发酵，此外，巴斯德还发现了乳酸发酵、乙酸发酵和丁酸发酵都是由不同的微生物所引起的。他证实了有些微生物只能在缺氧的环境中生活，并引进了“好氧”和“厌氧”这两个术语。柯赫对于微生物学特别是病原微生物学的发展做出了卓越的贡献，他建立了微生物学研究的基本技术，如细菌的分离、纯化技术，细菌的染色技术，培养基的制作技术等；他还发现了引起肺结核的病原菌为结核杆菌，引起炭疽病的病原菌为炭疽杆菌。从此，微生物的研究从形态学时期进入了生理学研究阶段。巴斯德和柯赫被公认为是微生物学的两位奠基者。

4. 近代微生物学的发展

由于巴斯德、柯赫等学者的贡献，微生物学在 19 世纪末和 20 世纪初已牢固地建立起来。人类对于微生物的研究不仅仅限于微生物的作用，也对微生物的基本生理机制进行了研究。微生物学的主要发展有两个方面：一是研究传染病和免疫学，二是研究疾病的防治和化学治疗剂的功效。在此时期微生物学是和其他学科各自独立地向前发展的。而后，微生物学在发展和生物化学相互结合起来。由于并行地研究肌肉的酵解和酵母菌的酒精发酵，逐步地揭示了它们之间的相似之处。几年后，科学家们认识到动物所需要的维生素与细菌、酵母菌所需要的生长因素是相同的，揭示了维生素是合成许多辅酶的前体，它对细胞的代谢起着不可缺少的作用，从而显示出在代谢水平上所有生物的基本相似点，这就形成了微生物学家和生物化学家常说的“生化的统一性”的观点。1935 年电子显微镜的发明，使微生物学发展进入了新阶段。

微生物学的另一个发展是和遗传学的结合。1941 年比德耳(G. Beadle)和塔图姆(E. Tatum)提出了“一个基因一个酶”的理论，使链孢霉和果蝇一样被选择为遗传研究的材料。1944 年埃弗雷(O. Avery)等人在细菌转化工作中证明脱氧核糖核酸(DNA)是生物遗传物质，在一定条件下转化是可以在试管中进行的，由此发现了遗传物质的化学本质。

1953 年沃森(J. Watson)和克里克(F. Crick)提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型和