



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

微生物学基础

(食品生物工艺专业)

主编 廖湘萍



高等教育出版社



清华大学出版社
Tsinghua University Press

微生物学基础

（食品生物工程专业必修）

主编 曹建敏



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

微生物学基础

(食品生物工艺专业)

主	编	廖湘萍
责任主审	杨铭铎	
审	稿	霍力 杨铭铎

高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部 2001 年颁布的“中等职业学校食品生物工艺专业课程设置”中主干课程“《微生物学基础》教学基本要求”,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术人员等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

本书共为八章,系统地介绍了微生物的特点及应用、微生物的特征、微生物营养及代谢调控、菌种的分离、筛选及菌种的保藏、食品的腐败变质等方面内容及发展前沿动态。为了便于自学,每一章节都列出要点和一定数量的复习题。本书根据大纲的要求选编了微生物基本实验。此外,为了加强技能的训练,还编写了大型试验课题。

本书除作为教材外,也可作为高职教育、职业培训及相关专业技术人员的参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学基础/廖湘萍主编. —北京:高等教育出版社, 2002. 12

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-04-011725-8

I. 微... II. 廖... III. 微生物学—专业学校—教材 IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097710 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048
经 销 新华书店北京发行所
排 版 高等教育出版社照排中心
印 刷 北京奥隆印刷厂

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.5
字 数 420 000

版 次 2002 年 12 月第 1 版
印 次 2002 年 12 月第 1 次印刷
定 价 21.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材 出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据教育部 2001 年颁布的“中等职业学校食品生物工艺专业课程设置”中主干课程“《微生物学基础》教学基本要求”,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

在教材编写中,我们力图贯彻以全面素质教育为基础,以能力为本位的精神,强调实用性和针对性。内容上分为 8 个部分,概括了微生物学的基础知识,反映微生物学的前沿动态,强调了技能的训练。鉴于微生物在食品腐败及环境应用方面的重要性,特以单独章节进行讨论。为了加强职业技能的训练,本书还编写了大型实验课题供使用者参考选用。另外,为了便于学生自学,每一章节均有要点及复习。

本教材内容丰富,覆盖食品生物、发酵、环境等专业。既有足够的理论知识,又有大量实验内容,图文并茂。在教学中可根据本单位教学学时和实际需要,进行取舍。

第一章为绪论,讲授微生物的特点及其在环境中的应用。第二章主要介绍与应用有关的微生物的形态,第三章讨论微生物的营养要求与灭菌方法,第四章讲述微生物生长规律,第五章介绍微生物的基本代谢类型,第六章讲述微生物分离技术,第七章介绍常用的微生物保藏方法,第八章重点介绍引起食品腐败的主要微生物。

本书可供 64 学时的课程使用,具体安排见下表(供参考):

序 号	教 学 内 容	学 时 数
1	绪 论	6
2	微生物的特征及分类	14
3	微生物的营养与生理	6
4	微生物的生长	6
5	微生物的代谢及调控	6
6	菌种的分离筛选、复壮技术	8
7	菌种的保藏	2
8	食品的腐败变质	8
机 动		8
总 计		64

本书由湖北轻工职业技术学院廖湘萍主编,大连轻工业学校金怀刚副主编。内容分工如下:廖湘萍编写第一章、第二章第一、三节,安徽轻工业学校丁以群编写第二章第二、四、五节以及第三章、第四章,长春轻工业学校张青编写第一章第三节、第五、六、七章,山西轻工业学校王娟莉编

写第二章第六节、第八章及大型实验课题Ⅰ实验二十三,大连轻工业学校金怀刚负责本书实验内容的统稿并编写实验四、十一以及实验十五至二十二、大型实验Ⅱ和常用培养基的配制,贵州省轻工业学校何慧编写实验一、二、三、实验五至十一、十二、十三、十四。

在本教材编写以及图文处理过程中,湖北工学院张振新教授和湖北轻工职业学院陈向斌副教授给予了很大的支持和帮助,并对本书提出了很多宝贵意见,在此表示真诚感谢。

本书由全国中等职业教育教材审定委员会审定,哈尔滨商业大学杨铭铎教授担任责任主审,霍力和杨铭铎审阅了此稿,在此特表示衷心感谢。

本书为中等职业学校食品生物工艺专业微生物学基础教学用书,也可作为职业教学、职业培训及相关专业技术人员的参考书使用。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,欢迎读者批评指正,我们将万分感激。

廖湘萍

2002.1.16

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》。行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

现公布举报电话及通讯地址:

电 话:(010) 84043279 13801081108

传 真:(010) 64033424

E-mail:dd@hep.com.cn

地 址:北京市东城区沙滩后街 55 号

邮 编:100009

责任编辑	吕庆娟
封面设计	刘晓翔
责任绘图	朱 静
版式设计	胡志萍
责任校对	俞声佳
责任印制	张小强

目 录

第一章 绪论	1	四、放线菌的生长条件	45
第一节 微生物及其特性	1	五、工业上常用的放线菌	45
一、微生物的概念及其基本问题和发展历史 ..	1	第三节 酵母菌	46
二、微生物的特点	2	一、酵母菌的形态与构造	46
三、微生物的分类	4	二、酵母菌的繁殖	48
四、自然界的微生物	9	三、酵母菌的生长条件	51
第二节 微生物学与其他科学的关系	10	四、酵母的概况	52
一、微生物学研究的内容	10	五、酿造工业中的酵母	56
二、微生物学与其他学科的关系	11	六、食品工业中的酵母	57
第三节 微生物的技术应用	11	第四节 霉菌	58
一、微生物的技术应用	12	一、霉菌的结构	59
二、有害的微生物	13	二、霉菌的繁殖	59
第四节 微生物在环境净化中的应用	13	三、霉菌的生长条件	62
一、活性污泥法	14	四、霉菌的利与弊	63
二、厌氧处理	15	五、霉菌的分类	64
三、特定的生物处理	16	六、酿造工业中的霉菌	64
第五节 观察微生物的基本方法	19	七、无酒精饮料工业中的霉菌	66
一、显微镜的种类及原理	19	八、真菌对环境有益及有害的影响	66
二、制片技术	23	第五节 病毒与噬菌体	67
三、染色技术	24	一、病毒的结构	68
四、染色方法	25	二、病毒的分类	68
习题	25	三、病毒的检测	69
第二章 微生物的特征	27	四、噬菌体的形态与结构	70
第一节 细菌	27	五、噬菌体的生长和繁殖	70
一、细菌细胞的构造	27	六、噬菌体的分离检查	72
二、细菌的细胞形式及其大小	33	七、噬菌体的污染与防治	73
三、细菌的繁殖	34	第六节 食用菌	74
四、细菌的生长条件	35	一、食用菌的种类	75
五、细菌的概况	37	二、食用菌的形态结构	76
六、环境及工业用细菌	39	三、食用菌的繁殖方式	79
第二节 放线菌	43	四、食用菌的生长条件	79
一、放线菌的结构	43	五、常用的食用菌	82
二、放线菌的菌落特征	44	习题	83
三、放线菌的繁殖	44	第三章 微生物的营养	86

第一节 微生物的营养要求	86	二、氧化磷酸化	131
一、微生物细胞的化学构成	86	第三节 自养微生物的代谢	132
二、微生物的营养构成	87	一、光能自养微生物的代谢	133
三、微生物的营养类型	89	二、化能自养微生物的代谢	133
第二节 培养基	90	第四节 生物合成途径	134
一、培养基的种类	90	一、糖类的生物合成	134
二、设计培养基的原则	92	二、脂肪酸的生物合成	136
三、几种常用的培养基	93	三、氨基酸和核苷酸的生物合成	136
习题	94	习题	139
第四章 微生物的生长	96	第六章 菌种的分离筛选和复壮技术	141
第一节 微生物生长的测定	96	第一节 工业菌筛选程序	141
一、微生物的生长	96	一、从自然界中选种	141
二、微生物生长的测定方法	96	二、从生产中选种	147
第二节 微生物的生长曲线	98	第二节 复壮技术	147
一、单细胞微生物的生长曲线	98	一、纯种分离	148
二、掌握微生物生长规律对工业生产的 指导意义	99	二、通过寄主体进行复壮	148
第三节 微生物生存环境条件	99	三、淘汰已衰退的个体	148
一、物理因素对微生物生长的影响	100	四、遗传育种	148
二、化学因素对微生物生长的影响	102	第三节 工业菌种育种技术	149
三、生物因素对微生物生长的影响	103	一、遗传变异的物质基础	149
第四节 灭菌和消毒	104	二、诱变育种	152
一、热杀菌	104	习题	162
二、化学消毒剂	106	第七章 菌种保藏	163
三、紫外线和射线	108	第一节 菌种的衰退	163
四、接种室的空气灭菌	109	一、菌种衰退的现象	163
五、过滤除菌	110	二、菌种衰退的原因	164
六、防霉剂	110	三、防止衰退的措施	164
第五节 微生物的培养	111	第二节 冷冻保藏	165
一、分离	111	一、低温冷冻保藏法	165
二、显微操作技术用于单细胞分离	112	二、超低温冷冻保藏法	165
三、接种	113	三、液氮冷冻保藏法	166
四、微生物的培养	114	第三节 冻干保藏	166
习题	120	第四节 其他保藏方法	167
第五章 微生物的代谢	122	一、斜面冰箱保藏法	167
第一节 异养微生物代谢途径	123	二、石蜡油封存法	167
一、发酵	123	三、砂土管保藏法	167
二、呼吸作用	127	习题	169
第二节 电子传递与氧化磷酸化	130	第八章 食品的腐败变质	170
一、电子传递体系	131	第一节 引起食品腐败的主要微生物	170
		一、微生物污染食品的途径	170

二、影响食品腐败变质的条件	171	的测定	204
三、防止微生物污染食品的措施	174	实验八 放线菌的形态观察	206
第二节 乳及乳制品与微生物	175	实验九 霉菌的形态观察	207
一、鲜乳的酸败变质	176	实验十 噬菌斑的观察	209
二、乳制品的腐败变质	178	实验十一 草菇纯种的制备	210
第三节 水产及其制品与微生物	180	实验十二 培养基的制备	211
一、水产的腐败变质	180	实验十三 干热灭菌及高压蒸汽灭菌	213
二、水产制品的腐败变质	182	实验十四 膜过滤除菌	215
第四节 果蔬及其制品与微生物	182	实验十五 微生物的分离、接种和培养	216
一、新鲜果蔬的腐烂变质	182	实验十六 生长谱法测定微生物的	
二、果汁的变质	184	营养要求	219
第五节 罐头食品与微生物	185	实验十七 微生物的平板菌落计数法	220
一、罐头食品变质的原因	186	实验十八 霍华德计测法	222
二、罐头食品腐败变质的类型	186	实验十九 理化因素对微生物的影响	226
三、腐败变质罐头的微生物学分析	188	实验二十 大肠杆菌的生理生化反应	227
四、预防微生物污染的措施	189	实验二十一 空气中的微生物检验	230
五、罐头食品的商业灭菌	189	实验二十二 常用菌种保藏方法	232
第六节 冷藏和冷冻食品与微生物	191	实验二十三 平酸菌的检验	234
一、冷冻对微生物的影响	191	大型实验 I 食品卫生微生物学检验	237
二、冷藏、冷冻食品中常见的微生物种类	191	大型实验 II 工业微生物的扩大培养	246
三、升温或解冻对微生物的影响	192	附录一 常用培养基的配制	249
习题	193	附录二 常用染色液的配制	253
微生物学基础实验	195	附录三 常用试剂及指示剂的配制	254
实验一 常用玻璃器皿的清洗及包扎	195	附录四 常用消毒剂和杀菌剂的配制	256
实验二 普通光学显微镜的构造和		微生物学模拟试题 1	257
使用	197	微生物学模拟试题 2	258
实验三 细菌的简单染色和革兰氏		微生物学模拟试题 3	260
染色	198	微生物学模拟试题 4	262
实验四 细菌的芽孢染色	200	微生物学模拟试题 5	265
实验五 酵母菌形态观察	201	主要参考文献	268
实验六 酵母细胞大小测定	202		
实验七 酵母细胞数、出芽率和死亡率			

第一章 绪 论

微生物是地球上最早出现的生命形式,是自然界中最小的生物。微生物的作用非常大,没有微生物的活动地球上的生命是不可能存在的。

微生物包括病毒、细菌、放线菌、酵母菌、霉菌以及单细胞藻类和原生动动物。它不是分类学的概念,它是人类给予的一个主观概念和名称。

第一节 微生物及其特性

要点:

什么是微生物 微生物(microbe microorganism)通常描述的是一切只能借助显微镜才能看到的微小生物。这类微生物包括病毒、细菌、真菌、原生动物和某些藻类。

微生物的特点 微生物除具有其他生物共有的基本特性外,还具有其个性:个体小、结构简单、物种繁多、繁殖快、代谢能力强、生境广泛,容易变异、也容易培养。

原核生物和真核生物 在微生物世界中将其分为 2 大类,原核生物和真核生物。真核生物和原核生物细胞之间有许多差别。真核生物的主要特征是有细胞核、线粒体和叶绿体等细胞器以及复杂的内膜系统。原核生物的主要特征是没有真正的细胞核,DNA 物质松散地堆积在细胞中心,没有细胞核膜包裹。细菌属于原核生物。

一、微生物的概念及其基本问题和发展历史

微生物是指大量的、极其多样的、用肉眼看不见的微小生物群的总称。实际上包含有病毒、细菌、真菌、原生动物和某些藻类,它们的大小特征见表 1.1 所示。但是在自然界中也有例外,如

表 1.1 微生物形态、大小和细胞类型

微生物	大小近似值	细胞的特性
病毒	0.001~0.25 μm	非细胞的
细菌	0.1~10 μm	原核生物
真菌	2 μm ~1 m	真核生物
原生动物	2~1 000 μm	真核生物
藻类	1 μm 到几 m	真核生物

许多真菌的子实体、蘑菇等用肉眼可见;某些藻类能长几米长。一般来说,微生物可被认为是一些形体小、结构简单的低等生物。它们中的大多是单细胞,即使是多细胞的微生物,也没有许多

细胞类型。病毒甚至没有细胞,而只有蛋白质外壳包围着遗传物质,且不能独立存活。可见,形体微小,结构简单是微生物的基本特征。

微生物学的首要基本问题是要善于发现。如果借助于一定的放大技术还不能发现最小生物体的存在,那么对于生物的死亡、对于发酵和腐蚀过程、对于人类、动物和植物疾病就不可能找到确凿的解释。

1590年荷兰的汉斯和查哈利阿斯·詹生兄弟发明了显微镜。荷兰列文虎克(Leeuwenhoek, 1632—1723)把放大镜磨到可以放大275倍,并用这种放大镜在水中发现了微小生物——红血球、霉菌、酵母菌以及细菌。列文虎克的发现为微生物的存在提供了有力的证据。

到了19世纪显微镜得到更进一步的发展和改进,并使人们对微生物的认识更加充分,从而逐步创建了微生物学。1836年和1837年,法国的Gagnirrd de la tour,哈茨(Kutzing)和施旺(Schwann)同时发现了啤酒葡萄酒沉淀物中的酵母。他们当时认为酵母是一种通过发芽繁殖并能产生乙醇的植物,柏林的Meyen在1837年将它命名为糖菌。

巴斯德(Louis Pasteur)细心观察过乳酸和丁酸的发酵过程并在1858年提出了活力发酵理论,许多当时有名的化学家却提出了与此相反的化学发酵理论,曾引起很长时间的激烈争论。

微生物学的第二个基本问题便是培养获得胚芽。1878年柯赫(Koch)获得了首次细菌纯粹培养的成功。他发现了一系列的病原体并且创造了许多研究微生物的方法。建立了一套分离、培养、接种、染色等微生物技术,一直沿用至今。柯赫描述的4个步骤为:① 检定;② 离析;③ 培养;④ 再感染。

这4个步骤不仅对生物的疾病研究有重要意义,而且对微生物在工业技术应用过程中出现的异常活动有参考价值。

Buchner(1907年诺贝尔化学奖获得者)认为,酵母中所含的酶对发酵起着关键性的作用并借此创立了酶化学学说。

Bergey总结了有关细菌的知识,Lodder则总结了有关酵母的知识。

二、微生物的特点

微生物除了具有其他生物共有的生长、繁殖、代谢以及共用一套遗传密码等这些基本特性外,还有其他一些特点。

(一) 微生物的物种很多

微生物的数量和种类是十分惊人的。一滴水、一颗土粒往往就是一个微生物“世界”。从下面几组数据可以了解微生物的存在情况:1992年Bull等根据全球不完全统计得知,已描述的真菌种69 000个,占全部的5%;已描述的细菌种4 760个,占全部的2%;已描述的病毒种是5 000个,占全部的4%。可见微生物的数量之多!

然而Amann等根据在原位、无培养的微生物系统发育研究认为,自然界中95%~99%的微生物群未被分离培养和描述,因而推算出地球上仅细菌应有10万~50万种。所以微生物资源的开发潜力非常大。这一特点在维持生物圈和为人类提供广泛的、大量的未开发资源方面起着重要的作用,据估计每年仅向全球药业市场提供的原材料就是500亿美元。

(二) 微生物的生境广泛

在自然界中,微生物无处不在,无论土壤、水域、空气以及动物、植物、人体内及周围,都有大

量微生物的存在。其广泛性是一切生物所不能比拟的。可以说,凡是有生物存在的环境中,就有微生物的足迹。反之,有许多不利于或者没有其它生物存在的地方,也有微生物存在。因为它们能够耐受烧烤、冰冻、酸、碱、高盐、无氧、营养极限等使其他生物束手无策的极端环境,尤其是古菌,它们多生活在地球上开始出现生命的原始环境和极端环境。例如:热网菌和热球菌的最适生长温度是 105℃;极端嗜盐古菌的生长要求至少 1.5 mol/L 的 NaCl,其中盐杆菌属的成员要求 5.2 mol/L 的 NaCl。

另外,只有微生物能在无氧环境中生活,尤其是产甲烷古菌要求氧压低于 10^{-8} atm 方能生长。厌氧呼吸是细菌特有的功能,如将硝酸盐还原为大气氮,将硫酸盐还原为元素硫或 H_2S ,将 CO_2 还原为乙酸或甲烷,从而维持着自然生境的物质循环,其作用是其他生物无法替代的。

(三) 繁殖速度快

微生物的繁殖速度是非常惊人的,比高等动物、植物快得多。条件适宜时,某些细菌每 20 min 分裂 1 次,1 h 可分裂 3 次。

如:一个大肠杆菌 每 20 min 分裂 1 次 1 h 分裂 3 次产生 8 个细菌

即: 1 h $1 \times 2^3 = 8$ 个
 2 h $8 \times 2^3 = 64$ 个
 3 h $64 \times 2^3 = 512$ 个
 :

以如此速度进行繁殖可在 24 h 内产生 72 代,可见其增殖速率相当惊人。微生物的这种特性被应用到工业发酵上,对微生物代谢产品工业化生产具有重大的意义。如生产味精的谷氨酸短杆菌,在 52 h 内细胞数目可以增加 32 亿倍。这样就可以大大积累谷氨酸,而获得味精。

(四) 代谢能力强、类型多

微生物虽然个体小,但表面积与容积的比值很大。就是说,物体分割得越细其单位体积占有的表面积值越大。

如:	1 个酵母细胞直径为 8 μm	表面积为	$5 \times 10^{-5} m^2$
	1 L 酵母醪中含有 1 400 亿个细胞	表面积为	$7 m^2$
	1 m^3 酵母醪中	表面积为	$7\,000 m^2$
	40 m^3 发酵罐中	表面积为	$2.8 \times 10^5 m^2$

这样大的表面积有助于进行快速的物质交换和热量交换。

因此微生物具有较强的合成与分解能力,其代谢强度比高等动植物要高得多。微生物代谢作用不仅表现在能力强,而且表现出多样性。具体体现在物质的分解代谢上,代谢所利用的能源有光能也有化学能,代谢中产生的电子受体可以是有机物也可以为无机物,代谢环境可以有氧也可以无氧(如表 1.2)。

此外,同一种微生物还会因环境的变化而改变代谢类型。如紫色硫细菌在白天利用光合作用获得能量,并氧化 H_2S 为元素硫,还原 CO_2 为储存物质的糖原;而在夜晚或阴天时进行化能营养,氧化糖原产生乙酸。

表 1.2 细菌的营养代谢类型及代表

	好 氧		厌 氧	
	无机营养	有机营养	无机营养	有机营养
光能营养	蓝绿细菌	红螺菌	绿硫杆菌	红细菌
化能营养	亚硝化单细菌	假单细菌	硫小杆菌	梭菌

(五) 容易变异

微生物在漫长的进化历程中,其适应性与变异性都较高等动植物突出。其原因:微生物的结构主要为单细胞体制,或者是多细胞而细胞极少有分化的体制,比较简单,个体小,对外界环境条件直接接触表现特别敏感。因此,当环境剧烈变化时,一部分容易死亡和淘汰,另一部分细胞内的遗传物质发生改变,并将这种改变传递给子代。微生物的这些易变性,对微生物利用来看有两面性,既有利又不利。有利方面是可以利用容易变异的特点使我们能够不断提高生产用菌种的生产能力和适应能力。例如:糖化酶最初产量每毫升只有几千单位,通过大量人工诱变育种现已培养出每毫升十几万单位的优良菌种。不利的方面是有些优良菌种若保存不当或人工培养上经多次传代后,菌种的优良特性也极易发生退化。可见充分认识微生物的特点,对利用和改造微生物是极为重要。

(六) 容易培养

由于微生物的适应能力强,在其生长过程中不需要过高的营养物质,生长条件也容易控制,在常温常压下就能生长。而且在培养过程中所需设备比较简单,不受地理、季节等自然条件的限制。这一点对工业规模的管理比较有利。

三、微生物的分类

地球上到底有多少物种至今无法确定,有分类记录的各类物种大约有 150 万,其中微生物超过 10 万种。我们要认识、研究和利用微生物,控制有害微生物,就必须对它们进行分类。目前对生物进行分类存在 2 种基本的、完全不同的分类原则:一种是根据表型特征的相似程度分群归类,这个原则不涉及生物进化或不以反映生物亲缘关系为目标,而重在应用方面,传统的微生物分类方法属于此类;另一种分类原则是按照生物系统发育相关性水平来分群归类,反映生物之间的亲缘关系。由于微生物分类存在着多种不同的分类系统,本着从实用性出发的原则,本部分只对微生物分类的基本知识及对我们有关的重要微生物的分类作概要介绍。

(一) 原核生物和真核生物

现代生物学观点,将生物区分为细胞生物和非细胞生物两大类,非细胞生物主要是病毒,细胞生物又分为原核生物(prokaryote)和真核生物(eukaryote)。

真核生物指有真正细胞核的生物。这类生物的特征是有线粒体、叶绿体等细胞器以及复杂的内膜系统。人们把最低级的细胞生物称为原核生物。这类生物没有真正的细胞核,DNA 物质松散地堆积在细胞中心,没有细胞核膜包裹。这 2 类生物中 DNA 复制、RNA 合成和蛋白质合成的基本机制是相同的,但在所包含的成分和酶上仍有差别。细菌和蓝藻类属于原核生物。其他植物以及动物都属于真核生物。

(二) 生物的分类单位和命名

1. 微生物的分类单位

微生物的分类,除病毒有部分不同以外,其他均与动植物一样。其主要分类单位为:

界(Kingdom)

门(Phylum)

纲(Class)

目(Order)

科(Family)

属(Genus)

种(Species)

在这些分类单位中,以种为基本单位。凡相似或相关的种归入一属,相似或相关的属归于一科,如此类推,构成一个完整的分类系统。有时在2个主要分类单位之间,也可以加入次要的单位,如亚门、亚纲、亚目等。种以下也可分为变种、亚种、型、菌株等。

(1) 种(Species) 是分类的最基本单位,同种微生物具有形态与生理性状的高度相似性及遗传的稳定性。但是在微生物的进化过程中,生物品种发生连续的变化,从而影响同一种生物之间的质的差异,最后形成了不同的新种。因此,种又是发展的。

(2) 变种(Variety) 指一个微生物的某种特性已有明显的改变,而且这种变异的特性又是较稳定的。例如,我们从自然界分离到的纯种,某一特性与典型种不同,其余特征完全符合,而这一特性又是稳定的,那么,这个微生物就是典型种的变种。变种是种以下的细分。变种和原种的差异是种内的差别。

(3) 株(Strain) 也称品系。是指同种微生物不同来源的纯培养。事实上,自然界不存在2个绝对相同的微生物个体,尽管它们可能同属一个种,但由于来源不同,它们之间总会出现一些细微的差异。例如,从不同环境分离出栖土曲霉,产蛋白酶的能力就显示出差异。在实际中为了方便,菌株常用编号、字母、地名来表示。如枯草芽孢杆菌 AS. 1·398,枯草芽孢杆菌 AS.1·105。栖土曲霉 1186,栖土曲霉 3374 等。

(4) 群(group 或 series) 自然界微生物不断发生变异,有些变异经过量变到质变的过程产生新种,因此在微生物的2个不同种之间,常出现一些介于两个种之间的中间类群,它们的特征彼此不易严格区分,我们通常把这2种微生物和它们的中间类群统称为群。例如大肠杆菌和产气肠杆菌是具有明显区别的两个不同的种,但肠道中还存在一些介于它们两者之间的中间类型。它们在亲缘关系上都比较相近,因此把它们统称为大肠杆菌群。但要指出“群”不是分类上的一个单位,它在许多场合还有其他不同的含义。

2. 微生物的命名

为了避免造成微生物名称的混乱,需要有个统一的国际上通用的命名法则,以便做到每一种微生物都能有一个大家所公认的科学名称,即学名。

微生物的命名和其他生物一样,采用“双名法”命名原则。“双名法”是瑞典植物学家林奈(Linnaeus)所创立的。双名制就是采用2个拉丁文或希腊文组成一个学名,属名在前,种名在后。属名第一个字母必须大写,是拉丁文名词或拉丁化的名词,它是描述微生物重要形态或生理特征的。种名则需小写,是拉丁文或拉丁化的形容词,它是说明微生物次要特征的。印刷时,学

名用斜体字。有时常常附上命名的人名及发表年份,为了表示区别,用正体字印刷。例如:黄曲霉 *Aspergillus flauus* LINK,第一个词是曲霉的属名,第二个词是种名,意为“黄色的”,第三个词是命名人的姓。

(三) 微生物的分类系统

1. 细菌分类系统

(1) 细菌的分类

细菌的分类目前比较通用的有 3 个:一个是美国布瑞德(R. S. Breed)等人主持编写的《伯杰氏鉴定细菌手册》,第二个是前苏联克拉西里尼科夫著的《细菌和放线菌的鉴定》,第三个是普雷沃(Prevot)著的《细菌分类学》。这三类分类系统中,最权威典籍是《伯杰氏系统细菌学手册》(Bergef's Mannual)。该手册尽可能的列出所有原核生物种和鉴别的指征。该书已进行 8 次修订,现已发行第九版。从已报道的资料看第九版更多地依靠系统发育,资料对细菌分类群的总体安排进行较大的调整。值得注意的是仍有许多未被分离和未被描述的菌。

(2) 细菌的现代分类

在研究生物进化和分类系统中,常用一种树状分枝的图型来概括各种(类)生物之间的亲缘关系,这种树状分枝的图型被称为系统发育树(phylogenetic tree) 简称系统树(如图 1.1 所示)。

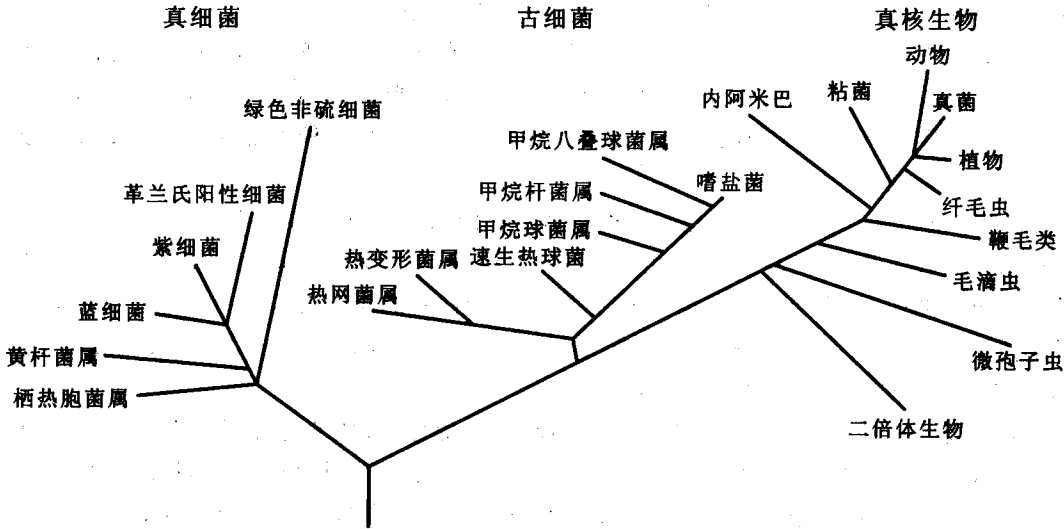


图 1.1 生物系统发育树

生物系统发育树是伍斯等根据某些代表生物 16S rRNA 寡核苷酸序列分析比较,首先提出的一个涵盖整个生命界的系统树。在该系统树中,分枝的末端和分枝的连接点称为结(node),代表生物类群,分枝的末端的结代表仍生存的种类。根部的结代表地球上最先出现的生命,它是现有生物的共同祖先,生物最初的进化就从这里开始。rRNA 序列分析显示生物主要分为三大类:真细菌、古细菌和真核生物。古细菌和真核生物为一个分枝,真核生物是由古细菌进化过程中的进一步分叉;因此,从该系统反映出的进化关系,表明古细菌与真核生物属“姊妹群”,它们之间的亲缘关系比与真细菌之间的亲缘关系更近。另外,从系统树与根部的距离反映出古细菌与根部距离最短,说明古细菌是现有生物中进化变化最小、最原始的一个类群,真核生物离根部最远,说