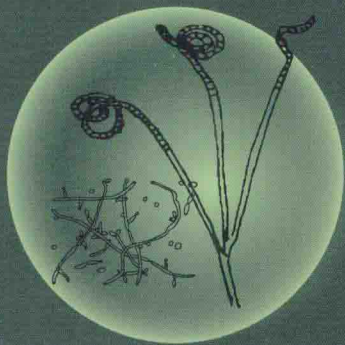
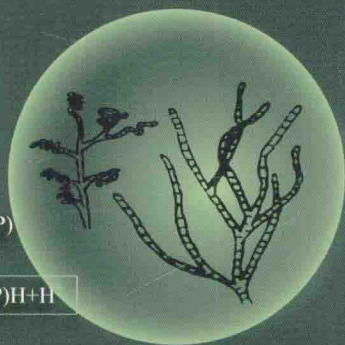
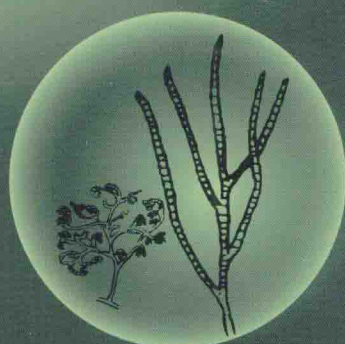
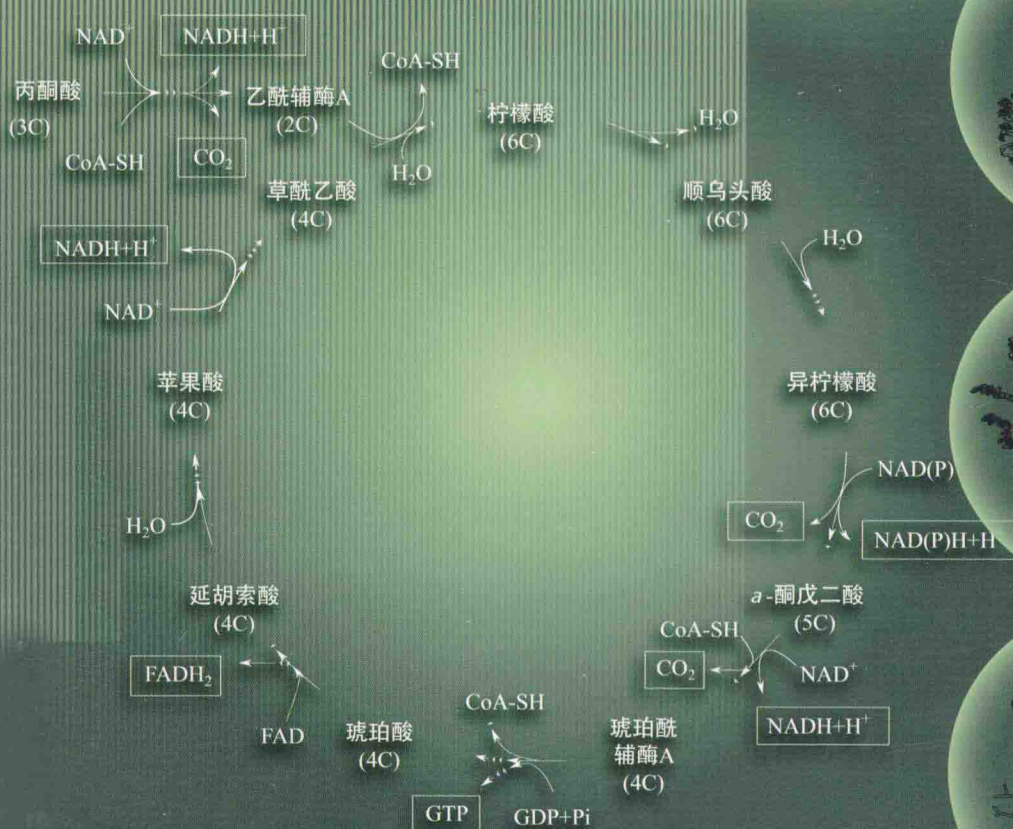
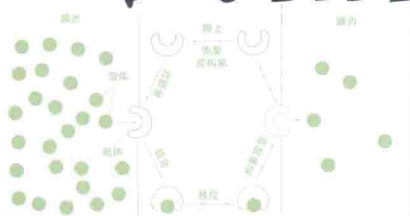




普通高等教育“十二五”重点规划教材

食品微生物学： 原理与应用

李宗军 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”重点规划教材

食品微生物学：原理与应用

李宗军 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材的主要内容包括：微生物学发展历程、食品微生物研究对象、微生物的基本形态与结构、微生物的营养与生长、微生物代谢、微生物遗传、微生物分类、微生物生态学、食品中的微生物、食源性致病微生物、微生物与免疫、食品中的指示微生物以及食品微生物学技术等。在教材的内容结构上，主要考虑三大板块，一是微生物学的基本原理，主要展示微生物自身发展演化的基本规律；二是延伸阅读，即将微生物基本原理与其在食品行业中的相关技术或应用结合起来，尽可能让读者做到学以致用；三是热点导读，即在每一章的最后，提出一个与本章内容相关的研究热点，引导有兴趣的读者做更深入的了解，或作为课后讨论的命题，并不列入课堂讲授的内容。

本书详细介绍了微生物学基本原理，又能结合食品行业的特点帮助读者解决学习和生产中遇到的问题，适合作为食品科学与工程、食品质量与安全等相关专业的教材，也可供相关领域的师生、研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学：原理与应用/李宗军主编. —北京：化学工业出版社，2014.2

普通高等教育“十二五”重点规划教材

ISBN 978-7-122-19382-7

I. ①食… II. ①李… III. ①食品微生物-微生物学-高等学校-教材 IV. ①TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 000041 号

责任编辑：赵玉清

文字编辑：张春娥

责任校对：陶燕华

装帧设计：尹琳琳

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 21 字数 518 千字 2014 年 4 月北京第 1 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：40.00 元

版权所有 违者必究

《食品微生物学：原理与应用》编写人员名单

主 编：李宗军（湖南农业大学，教授 博士）

副 主 编：王远亮（湖南农业大学，教授 博士）

于 海（扬州大学，副教授 博士）

张华江（东北农业大学，副教授 博士）

编写人员：（按姓氏拼音排序）

白婕（中南林业科技大学，讲师 博士）

段智变（山西农业大学，教授 博士）

关统伟（西华大学，副教授 博士）

侯爱香（湖南农业大学，讲师 硕士）

霍乃蕊（山西农业大学，教授 博士）

蒋雪薇（长沙理工大学，副教授 博士）

李苗云（河南农业大学，副教授 博士）

李宗军（湖南农业大学，教授 博士）

努尔古丽（新疆师范大学，副教授 博士）

王远亮（湖南农业大学，教授 博士）

许爱清（湖南科技大学，讲师 博士）

于 海（扬州大学，副教授 博士）

张华江（东北农业大学，副教授 博士）

周红丽（湖南农业大学，副教授 博士）

周泉城（山东理工大学，副教授 博士）

前 言

微生物学是现代科学研究中最为活跃的研究领域之一。微生物是生物科学基础研究的重要材料,对揭示诸多生物科学的基本问题具有重要意义;在生物科学的应用领域,微生物被广泛应用于医药、农业、环境、食品、能源和健康等众多领域,并发挥着越来越重要的作用。因此,如何将最新的研究成果以科学有效的方式传递给莘莘学子,如何将微生物技术运用到生产实践中去,已成为教育工作者关注的重要课题。

本书作者在20多年从事食品科学,特别是微生物学的教学、科研和社会服务的实践中,深深地感到微生物学作为食品学科的主干专业基础课程的重要性。微生物学原理的运用贯穿于食品生产、消费过程的始终,从食品加工原料的贮运保鲜、食品加工过程中的微生物控制、食品销售过程的品质保障和食品消费过程中的二次污染或交叉感染都与微生物息息相关。因此,一直期望有一本既能充分展示微生物学基本原理,又能结合食品行业的特点,适合于高校学生 and 行业从业人员的书籍,并希望借此帮助读者解决学习和生产中遇到的问题。

近些年,我国微生物学的前辈们,不断总结前人的研究成果,推陈出新,编著出版了一系列很受欢迎的教材。鉴于有多年教学经验,且经过数次反复交流和探讨,我们最终决定着手编写《食品微生物学:原理与应用》这部教材。在教材的内容结构上,主要考虑三大板块,一是微生物学的基本原理,主要展示微生物自身发展演化的基本规律;二是延伸阅读,即将微生物基本原理与其在食品行业中的相关技术或应用结合起来,尽可能让读者做到学以致用;三是热点导读,即在每一章的最后,提出一个与本章内容相关的研究热点,引导有兴趣的读者做更深入的了解,或作为课后讨论的命题,并不列入课堂讲授的内容。

本教材得到了全国11所高校的支持,经过专题会议讨论,对教材编写的内容进行了分工:第1章,李宗军;第2章,努尔古丽;第3章,于海;第4章,许爱清;第5章,王远亮;第6章,周红丽;第7章,周泉城;第8章,张华江;第9章,白婕,李苗云;第10章,段智变;第11章,白婕;第12章,霍乃蕊,关统伟,蒋雪薇,李宗军,侯爱香。

在教材的编写过程中,得到了化学工业出版社的倾力支持;王远亮博士主动承担了教材编写的联络工作,博士研究生侯爱香、李珂,硕士研究生伍婧、黄璜参与了书稿的校对整理工作,在此一并表示诚挚的谢意。

教材在编写过程中存在的纰漏不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

于美国 佛罗里达

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 微生物的起源及自身的特点	1
1.1.1 微生物的起源与进化	1
1.1.2 微生物的特点	2
1.2 微生物学及其发展历程	4
1.2.1 微生物学科	4
1.2.2 微生物学发展历程	5
1.3 食品微生物的历史	7
1.4 食品微生物学及其发展	9
1.4.1 食品微生物学	9
1.4.2 食品微生物学发展大事记	9
1.4.3 食品微生物与未来	12
拓展阅读：食物、肠道菌群与健康	14
思考题	16
参考文献	16
第 2 章 微生物的基本形态与结构	17
2.1 原核细胞微生物	17
2.1.1 细菌	17
2.1.2 古细菌（古生菌、古菌）的形态结构与功能	32
2.1.3 放线菌	34
2.1.4 蓝细菌	36
2.1.5 其他原核微生物	37
2.2 真核细胞微生物	38
2.2.1 酵母菌	38
2.2.2 丝状真菌	43
2.3 非细胞型微生物	55
2.3.1 病毒	55
2.3.2 类病毒	59
拓展阅读：微生物细胞的膜系统	59
思考题	60
参考文献	60

第3章 微生物的营养与生长	61
3.1 微生物细胞组成	61
3.1.1 水分	61
3.1.2 矿质元素	61
3.1.3 有机物质	62
3.2 微生物的营养物质	62
3.2.1 微生物营养要素	62
3.2.2 微生物培养基	65
3.2.3 微生物对营养物质的吸收	68
3.2.4 微生物的营养类型	71
3.3 微生物生长	73
3.3.1 微生物的生长与繁殖	73
3.3.2 微生物的群体生长规律	74
3.4 微生物生长控制	78
3.4.1 影响微生物生长的因素	78
3.4.2 一些控制有害微生物的新方法	82
拓展阅读	85
思考题	86
参考文献	86
第4章 微生物代谢	87
4.1 新陈代谢概论	87
4.1.1 代谢的基本概念	87
4.1.2 微生物代谢的酶学基础	87
4.2 分解代谢	89
4.2.1 糖类的分解	89
4.2.2 蛋白质和氨基酸的分解	98
4.2.3 脂肪和脂肪酸的分解	99
4.3 合成代谢	100
4.3.1 生物合成的三要素	100
4.3.2 糖类的生物合成	100
4.3.3 氨基酸的生物合成	104
4.3.4 脂类的生物合成	105
4.3.5 次级代谢物的生物合成	105
4.4 微生物的代谢调控	108
4.4.1 酶活性调节	108
4.4.2 酶合成调节	110

4.4.3 代谢的人工控制与应用	110
拓展阅读	112
思考题	113
参考文献	113
第5章 微生物遗传	115
5.1 微生物遗传物质基础	115
5.1.1 遗传物质基础的确定	115
5.1.2 遗传的物质基础与基因工程	118
5.2 基因组学的概念和微生物的基因结构	128
5.2.1 基因组学	128
5.2.2 特殊遗传结构	129
5.2.3 遗传育种	130
5.3 菌种变异	139
5.3.1 基因突变的原理	139
5.3.2 基因突变的方式	140
5.4 食品级表达系统	141
5.4.1 食品级载体的概念	141
5.4.2 食品级表达系统的克隆与表达	141
拓展阅读：营养基因组学	141
思考题	142
参考文献	142
第6章 微生物分类	143
6.1 生物分类单元与命名法则	143
6.1.1 生物的分类单元	143
6.1.2 微生物的命名	146
6.1.3 微生物在生物界中的地位	148
6.2 细菌分类系统概要	151
6.2.1 细菌的分类原则与层次	151
6.2.2 细菌的分类系统	152
6.3 真菌分类系统概要	156
6.3.1 真菌分类学的主要历史发展时期	156
6.3.2 真菌分类系统	157
6.3.3 酵母菌分类的研究历史	159
拓展阅读：微生物进化	160
思考题	161
参考文献	162

第7章 微生物生态学	163
7.1 生态学基本概念	163
7.1.1 生态学与生态系统	163
7.1.2 微生物生态学	164
7.1.3 种群和群落	165
7.1.4 环境梯度和耐受限度	166
7.2 食品生境中微生物的来源与途径	166
7.2.1 从土壤生境进入食品	166
7.2.2 从水生境进入食品	167
7.2.3 从大气生境进入食品	167
7.2.4 从人体微生物系进入食品	167
7.2.5 其他	168
7.3 微生物之间的相互作用	169
7.3.1 互生关系	169
7.3.2 共生关系	170
7.3.3 拮抗关系	172
7.4 肠道微生物与人体健康	173
7.4.1 肠道微生物及其影响	173
7.4.2 益生菌及其影响	175
7.5 食品中的微生物生态学	177
7.5.1 发酵食品中的微生物生态学	177
7.5.2 生物被膜与食品生物环境	181
拓展阅读: 微生物分子生态学	183
思考题	184
参考文献	184
第8章 食品中的微生物	185
8.1 乳品中的微生物	185
8.1.1 乳中微生物的来源及类群	186
8.1.2 乳品中微生物的活动规律	188
8.1.3 乳品的消毒灭菌和防腐	191
8.2 肉类中的微生物	193
8.2.1 肉类中微生物的来源及类群	194
8.2.2 低温肉制品中微生物的活动规律	195
8.2.3 肉的腐败变质及危害	195
8.2.4 肉类中微生物的控制	197
8.3 禽蛋中的微生物	198

8.3.1	禽蛋中微生物的来源及类群	198
8.3.2	鲜蛋的腐败变质及控制	199
8.4	水产品中的微生物	203
8.4.1	水产品中的微生物类群	203
8.4.2	水产品的细菌腐败	204
8.5	果蔬中的微生物	209
8.5.1	新鲜果蔬中的微生物来源及类群	209
8.5.2	微生物引起的果蔬变质及控制	210
8.6	粮食中的微生物	216
8.6.1	粮食中微生物的来源与类群	216
8.6.2	粮食储藏中微生物区系变化的一般规律	218
8.6.3	粮食中有害微生物的影响与控制	220
	思考题	221
	参考文献	221
第9章	食源性致病微生物	223
9.1	食源性致病微生物与食源性疾病	223
9.1.1	食源性致病细菌及其毒素	224
9.1.2	食源性致病真菌及毒素	236
9.1.3	食源性病毒	241
9.1.4	藻类与贝类毒素	245
9.2	食品微生物风险分析	246
9.2.1	风险分析的概念及分类	247
9.2.2	微生物风险评估过程	248
9.2.3	微生物风险管理	250
9.2.4	风险交流	251
9.3	食源性致病微生物与食品安全控制体系	252
9.3.1	致病微生物与良好农业规范	252
9.3.2	致病微生物与良好生产操作规范	253
9.3.3	致病微生物与卫生标准操作程序	254
9.3.4	致病微生物与危害分析和关键控制点	254
9.3.5	食品安全管理体系 ISO 22000	255
	热点导读: 微生物的生物多样性	255
	思考题	256
	参考文献	256
第10章	微生物与免疫	259
10.1	抗原	259

10.1.1	抗原概述	259
10.1.2	抗原的特性	259
10.1.3	抗原的分类	260
10.1.4	抗原的制备	262
10.2	免疫细胞和细胞因子	264
10.2.1	免疫细胞	264
10.2.2	细胞因子	269
10.3	抗体	271
10.3.1	Ig 分子的基本结构	271
10.3.2	Ig 分子的分类	272
10.3.3	Ig 的生理功能	273
10.3.4	抗体的制备	274
10.4	体液免疫和细胞免疫	275
10.4.1	B 细胞介导的体液免疫	276
10.4.2	T 细胞介导的细胞免疫	278
	热点导读：食物致敏性	279
	思考题	280
	参考文献	280
第 11 章	食品中的指示微生物	281
11.1	指示微生物的概念	281
11.1.1	食品质量指示物	281
11.1.2	食品安全指示物	282
11.2	大肠菌群	284
11.2.1	最大概率数试验	284
11.2.2	膜滤试验	285
11.2.3	有或无试验	287
11.2.4	粪大肠菌群	287
11.3	产气荚膜梭菌	289
11.4	异养平板计数	290
11.5	噬菌体	291
11.6	其他指示微生物	292
11.6.1	拟杆菌属	292
11.6.2	双歧杆菌	293
11.7	食品质量安全指示微生物的标准与规范	293
	热点导读：生物标志物	296
	思考题	296

参考文献	297
第 12 章 食品微生物学技术	298
12.1 微生物分离技术	298
12.1.1 新菌种的分离筛选	298
12.1.2 微生物菌种的分离操作技术	299
12.2 微生物培养技术	301
12.2.1 好气性微生物的培养	301
12.2.2 厌气性微生物的培养	301
12.3 微生物鉴定技术	306
12.3.1 菌种鉴定的基本条件	307
12.3.2 菌种鉴定技术	307
12.4 微生物数量的快速检测技术	310
12.4.1 改进的活细胞计数方法	310
12.4.2 用于估计微生物数量的新方法	312
12.4.3 其他方法	314
12.5 微生物多样性分析技术	314
12.5.1 传统培养方法	315
12.5.2 磷脂脂肪酸分析研究法	315
12.5.3 分子探针技术	315
12.5.4 DNA 指纹图谱分析技术	315
12.5.5 DNA 芯片技术	318
12.6 免疫学技术在食品微生物检测中的应用	318
12.7 预测微生物学理论与技术	319
12.7.1 预测微生物学概述	319
12.7.2 微生物的生长模型	320
12.7.3 微生物的失活-存活模型	321
12.7.4 微生物预测技术面临的挑战和应对方案	322
拓展阅读	322
思考题	324
参考文献	324

第1章 绪论

21 世纪将是生物科学的世纪，人们将运用生物科学的研究成果来处理人类面临的食物、环境、健康、能源等诸多挑战。在生物科学的研究过程中，微生物发挥着无可替代的作用。那什么是微生物？它从哪里来？将向何处去？它们与人类活动有什么关系？食品中有哪些微生物？它们对食品工业有哪些影响？有哪些手段可以认识和掌控它们？都是人们非常感兴趣的课题。

通常来说，微生物是指所有单细胞或非细胞结构的，必须在显微镜可见的一类微小生物的总称。微生物细胞与动植物细胞有本质的区别，其差别不存在于形态和结构上，而在于微生物细胞自身就是一个独立的生命体，它们不必依赖于其他任何细胞而独立生存；而动植物细胞则需要与其他相关的细胞组合起来构成动植物组织或器官后才能存活并发挥功能，如植物的叶片、动物的肌肉细胞等。

什么是微生物学？顾名思义，微生物学是研究微生物的科学。微生物学研究微生物细胞的结构及其工作机制，特别是数量巨大的单细胞结构的具有重大生态学意义的细菌细胞；还研究微生物的多样性及其进化机制，即自然界有多少种类的微生物，它们为谁而存在；并且关注微生物在我们人类世界中的作用，如其与土壤、水域、人体和动植物的关系等。换句话说，微生物可以影响或支撑所有其他生命形式。因此，微生物学被认为是最基础的生物学学科。

1.1 微生物的起源及自身的特点

1.1.1 微生物的起源与进化

在生命系统中，微生物是地球上最早的生命形式。Cyanobacteria 微生物类群在生物进化中扮演着非常重要的角色，其原因在于它们代谢产生的废弃物—— O_2 ，为地球上的植物及其他高级生命形式的进化奠定了物质基础。

细胞是如何起源的？在地球上第一次自我复制的细胞结构和我们今天了解的细胞一样吗？因为所有的细胞具有相似的结构形式，让人们认为所有的细胞来源于同一个祖先，称为最早的地球祖先（last universal common ancestor, LUCA）。从无生命物质演化出第一个细胞的过程经历了数百万年的时间，第一个细胞经分化形成了自己的子细胞群体，不同的子细胞群体之间在环境的作用下发生相互作用，选择性进化推动和演化了早期的细胞形式，并进而分化出更高级而复杂的今天可见的多样性的生物体。

在地球形成初期的 10 亿年间，地球上出现了一类能利用太阳光作为生命能源的微生物，称为光合细菌，最早的光合细菌是红细菌，它和其他一些非氧进化的光合生物一起在今天很多无氧的环境中还广泛存在。在地球初始的 20 亿年间，地球上并无氧气，主要以 N_2 、 CO_2 和其他一些气体组成。在此期间，只有厌氧性微生物可以生存，这其中包括一大类可产生甲烷气体的微生物，称为甲烷细菌（Methanogen）。由无氧环境进化到有氧环境，即出现 Cyanobacteria 花了近 10 亿年的时间。随着大气中 O_2 浓度的上升，多细胞生物的出现，并进一

步进化到更为复杂的动植物，演化为今天的地球生物圈图景。

随着人们对微生物的研究和认识程度的逐渐深入，在不同时期人们对微生物的分类也不一致，一般传统意义上的微生物分类，分为非细胞型、原核细胞型和真核细胞型三类，这种划分是根据微生物的形态、结构和生长特性来划分的，但是地球上绝大多数的微生物不能用常规的培养方法来进行培养，所以仅仅从表型（微生物的形态、结构和生长特性）上来对微生物进行划分是有很大的局限性的。

生物界中的保守序列 16S rRNA 和 18S rRNA 进化速度很慢，通过对其碱基系列进行分析，构建“进化树”。20 世纪 70 年代后期，美国人 Woese 等发现了地球上的第三生命形式——古菌，才导致了生命三域学说的诞生（图 1-1）。该学说认为，生命是由古菌域（Archaea）、细菌域（Bacteria）和真核生物域（Eukarya）所构成。古菌域包括嗜泉古菌界（Crenarchaeota）、广域古菌界（Euryarchaeota）和初生古菌界（Korarchaeota）；细菌域包括细菌、放线菌、蓝细菌和各种除古菌以外的其他原核生物；真核生物域包括真菌、原生生物、动物和植物。

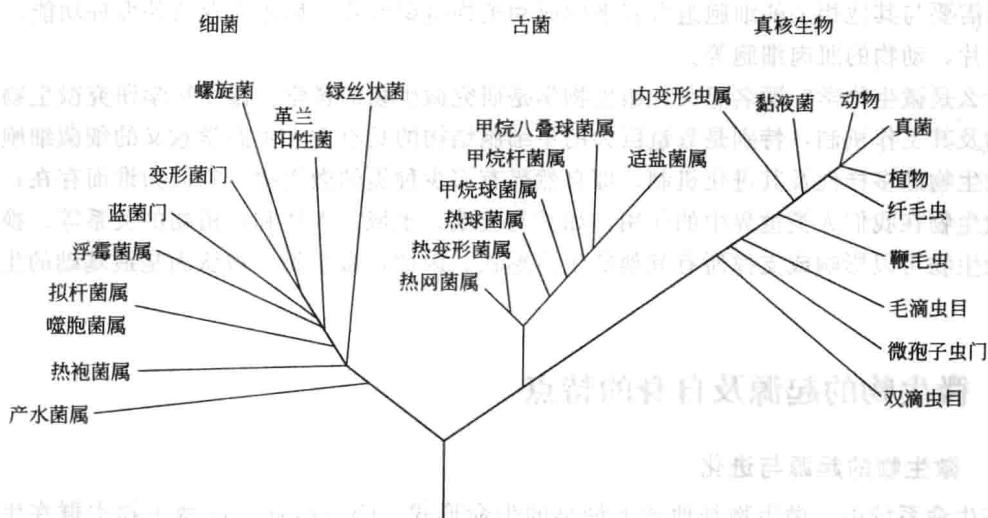


图 1-1 生物的进化与分类

1.1.2 微生物的特点

微生物和动植物一样具有生物最基本的特征新陈代谢，有生命周期，还有其自身的特点。

(1) 繁殖快，(个体) 长不大 繁殖快是微生物最重要和最深刻的特点之一，因为单个细胞其生命周期是有限的，不会保持很长时间，很快就会发展成为一个种群。以细菌为例，通常每 20~30min 即可分裂 1 次，繁殖 1 代，其数目比原来增加 1 倍，按 20min 分裂 1 次，而且每个克隆子细胞都具有同样的繁殖能力，那么 1h 后就是 2^3 个，2h 后就是 2^6 个，24h 后，就是 2^{72} 个。即由一个原始亲本变成了 2^{72} 个细菌。当然这是理论数字，由于各种原因，客观上是不存在的，只在细菌的生长对数期才有如此的增殖速度，细菌如此惊人的生长速度可为我所用，例如生产酵母蛋白，控制条件下可在 8~12h 收获一次；也可利用酵母生产酒精，例如用 1kg 酵母菌可在 24h 内发酵消耗几千克糖，生成酒精；又可用乳酸菌生产乳酸，每个细胞生产的乳酸是其体重的 $10^3 \sim 10^4$ 倍。

(2) 体积微小, 分布广泛 前面提到微生物很小, 肉眼不能观察到, 衡量它的大小都用微米(μm)、纳米(nm)计, 每个细菌的重量只有 $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-9} \text{mg}$, 即大约10亿个菌总和才有1mg, 这样小的个体, 随处都是它们的藏身之地。实际上微生物的分布是极其广泛的, 可以这样说, 有动植物生存的地方也都有它的栖息地, 没有动植物生存的地方, 也有它的踪迹, 万米以上的高空、几千米以下的海底、 90°C 以上的温泉、冰冷的南极、沙漠以及动植物组织都有微生物聚居, 说无孔不入是不过分的。

(3) 观察和研究的手段特殊 微生物因为个体微小, 繁殖又快, 观察和研究常以其群体为对象, 而且必须从众多而复杂的混合菌中分离出来, 变成纯培养物。这样, 无菌技术、分离、纯化、培养技术、显微观察技术以及杀菌技术就是微生物学必备的基本技术, 没有这些技术就无从着手, 等于空谈。

(4) 物种多, 食谱杂 据统计, 现已发现的微生物种类多达10万种以上, 土壤是其大本营。1g肥土含几十亿个微生物, 几乎成了微生物的天下, 在一些营养贫瘠的地方, 微生物的种类和数量很少, 这样就构成了自然界中微生物物种的多样性和不均衡性, 也反映了微生物对物质的利用多种多样, 凡是动植物能利用的物质, 例如蛋白质、糖、脂和无机盐, 微生物都能利用。动物不能利用的物质, 有些微生物也能利用, 例如纤维素、塑料, 不少微生物能将它们分解。这对塑料的分解以消除白色污染很有价值。还有一些对动植物有毒的物质, 如氰化钾、酸、聚氯联苯等, 而美国康奈尔大学早在20世纪70年代就分离到分解DDT的微生物, 日本发现了分解聚氯联苯的红酵母等。

微生物的多样性包括所有微生物的生命形式、生态系统和生态过程以及有关微生物在遗传、分类和生态系统水平上的知识概念。微生物的多样性除物种多样性外, 还包括生理类群多样性、生态类型多样性和遗传多样性。

微生物的生理代谢类型之多, 是动植物所不及的。微生物有着许多独特的代谢方式, 如自养细菌的化能合成作用、厌氧生活、不释放氧的光合作用、生物固氮作用、对复杂有机物的生物转化能力, 分解氰、酚、多氯联苯等有毒物质的能力, 抵抗热、冷、酸、碱、高渗、高压、高辐射剂量等极端环境的能力, 以及病毒的以非细胞形态生存的能力等。微生物产生的代谢产物种类多, 仅大肠杆菌一种细菌就能产生2000~3000种不同的蛋白质。天然抗生素中, $2/3$ (超过4000种) 是由放线菌产生的。微生物所产酶的种类也是极其丰富的, 从各种微生物中发现, 仅II型限制性内切酶就有1443种。

与高等生物相比, 微生物的遗传多样性表现得更为突出, 不同种群间的遗传物质和基因表达具有很大的差异。全球性的微生物基因组计划已经展开, 截止2010年的统计, 已有227个原核生物的全基因组序列全部完成发表, 另有77个正在进行中; 64个真核生物的全基因组序列已完成发表, 31个正在进行中。基因组时代的到来, 必然将一个崭新的、全面的和内在的微生物世界展现在人们面前。

微生物资源的开发, 是21世纪生命科学生命力之所在。由于动植物物种消失是可以估计的, 这就意味着微生物多样性的消失现象也在发生, 如何利用和保护微生物多样性已成为亟待解决的问题。近年来, 世界各国和国际组织已对此做了许多努力, 并提出了一项微生物多样性行动计划, 随着这项计划的逐步实施, 人类将从微生物生物多样性的利用和保护中受益。

(5) 适应性强, 易变异 微生物对外界环境适应能力特强, 这都是为了保存自己, 是生物进化的结果, 有些微生物其体外附着一个保护层如荚膜等, 这样一是可作为营养, 二是抵御吞噬细胞对它们的吞噬。细菌的休眠体芽孢、放线菌的分生孢子和真菌孢子都有比其繁殖体大得多的对外界的抵抗力, 这些芽孢和孢子一般都能存活数月、数年甚至数十年。一些极

端微生物都有相应的特殊结构蛋白质、酶和其他物质，使适应于恶劣环境，使物种能延续。

Nature (2011. 10. 30): 细菌频繁交换有益基因

麻省理工学院 E. Alm 领导的研究组发现，全世界 2235 组细菌基因组中的 10000 个基因，正以“水平基因转移 (horizontal gene transfer, HGT)”的方式自由流动。这说明所有细菌在一个由全世界细菌基因组组成的大网络上频繁地交换着遗传物质。有时候这对人类构成威胁，比如获得抗药性基因的细菌 [“超级细菌 (superbug)”]。他们此次发现了一个抗药性的基因出现在人类共生菌的六成的基因转移中。这种抗药性基因可能是在工业化农业的抗生素滥用中产生的。牲畜共生菌和人类共生菌中有 42 个相同的抗药性基因，也就是说，这两类细菌共享一个基因库，尽管 10 亿年的进化早该让牛身上的细菌和人身上的细菌分道扬镳。向动物的食物中加入预防疾病的抗生素，可以促进其生长，防止高密度养殖的牲畜和家禽内部的疾病传播。

另一方面，又由于表面积和体积的比值大，与外界环境的接触面大，因而受环境影响也大，一旦环境变化，不适于微生物生长时，很多微生物则死亡，少数个体发生变异而存活下来，人们正是利用这个特点，根据需要实施对菌种的人工诱变，再进行筛选，最终得到目的菌。

总之，微生物的这些特点，使其在生物界中占据特殊的位置，它不仅广泛应用于生产实践中，而且成了生物科学研究的理想材料，推动和加速了生命科学研究的发展，今天在高新技术革命浪潮中，以细菌和酵母等为材料和模式，对其基因组的序列进行测定，必将大大加快“人类基因组作图和测序”以及基因组后研究。

1.2 微生物学及其发展历程

1.2.1 微生物学科

微生物学科涉及两个相关联的主题：一个是全面认识微生物本身的生命活动规律，另一个就是运用人们对微生物生命规律的认识为人类及整个地球服务。

作为生物科学的基础学科，微生物学作为有效的工具被用于探知生命的起源，科学家运用微生物的多样性和生理特点，已经获得了大量可信的关于生命起源的基本物理、化学过程的证据。可以坚信，基于微生物易培养、生长快、易变异等特点，它成为人们揭示多细胞生物，包括人类起源的最佳试验材料。

作为重要的应用性生物学科，在人类生存、农业、工业等重要领域，微生物都居于核心地位。如人类及动植物的诸多疾病、土壤肥力的改善、现代发酵工业等均依赖于微生物，因此，微生物每一天都从正反两方面影响着人类的生活。

虽然微生物是自然界最小的生命形式，但它们所产生的生物质及在很多重大地球生物化学循环中的作用远远超过了其他高等生物。离开微生物，其他高等生物可能无法进化，甚至生存。事实上，我们呼吸的每一口氧气都是赖于微生物长期的作用。

随着对微生物研究与应用领域的不断拓宽和深入，微生物学已经不是一个单一的学科，而是包括很多分支学科的研究领域，无论是从基础理论研究还是从应用角度，都包括了多学科内容。

(1) 根据基础理论研究内容不同，形成的分支学科有：微生物生理学 (microbial physiology)、微生物遗传学 (microbial genetics)、微生物生物化学 (microbial biochemistry)、微生物分类学 (microbial taxonomy)、微生物生态学 (microbial ecology) 等。

(2) 根据微生物类群不同,形成的分支学科有:细菌学(bacteriology)、病毒学(virology)、真菌学(mycology)、放线菌学(actinomycetes)等。

(3) 根据微生物的应用领域不同,形成的分支学科有:工业微生物学(industrial microbiology)、农业微生物学(agricultural microbiology)、医学微生物学(medical microbiology)、食品微生物学(food microbiology)、兽医微生物学(veterinary microbiology)、环境微生物学(environmental microbiology)等。

(4) 根据微生物的生态环境不同,形成的分支学科有:土壤微生物学(soil microbiology)、海洋微生物学(marine microbiology)、空气微生物学(atmosphere microbiology)、极端微生物学(extreme microbiology)等。

1.2.2 微生物学发展历程

1.2.2.1 微生物学史前时期人类对微生物的认识与利用

在17世纪下半叶,荷兰学者列文虎克(Antonie van Leeuwenhoek)用自制的简易显微镜亲眼观察到细菌个体之前,对于一门学科来说尚未形成,这个时期称为微生物学史前时期。在这个时期,实际上人们在生产与日常生活中积累了不少关于微生物作用的经验规律,并且应用这些规律,创造财富,减少和消灭病害。例如,民间早已广泛应用的酿酒、制醋、发面、腌制酸菜泡菜、盐渍、蜜饯等。古埃及人也早已掌握制作面包和配制果酒的技术。这些都是人类在食品工艺中控制和应用微生物活动规律的典型例子。积肥、沤粪、翻土压青、豆类作物与其他作物的间作轮作,是人类在农业生产实践中控制和应用微生物生命活动规律的生产技术。种痘预防天花是人类控制和应用微生物生命活动规律在预防疾病、保护健康方面的宝贵实践。尽管这些还没有上升为微生物学理论,但都是控制和应用微生物生命活动规律的实践活动。

1.2.2.2 微生物形态学发展阶段

17世纪80年代,列文虎克用他自己制造的,可放大160倍的显微镜观察牙垢、雨水、井水以及各种有机质的浸出液,发现了许多可以活动的“活的小动物”,并发表了这一“自然界的秘密”。这是首次对微生物形态和个体的观察和记载。随后,其他研究者凭借显微镜对于其他微生物类群进行的观察和记载,充实和扩大了人类对微生物类群形态的视野。但是在其后相当长的时间内,对于微生物作用的规律仍一无所知。这个时期也称为微生物学的创始时期。



列文虎克,英文名 Antonie van Leeuwenhoek (1632.10.24—1723.08.26), 荷兰显微镜学家、微生物学的开拓者,生卒均于代尔夫特。由于勤奋及其本人特有的天赋,他磨制的透镜远远超过了同时代人的。他的放大透镜以及简单的显微镜形式很多,透镜的材料有玻璃、宝石、钻石等。其一生磨制了400多个透镜,有一架简单的透镜,其放大率竟达270倍。主要成就为:首次发现微生物,最早记录肌纤维、微血管中的血流。

1.2.2.3 微生物生理学发展阶段

在19世纪60年代初,法国的巴斯德(Louis Pasteur)和德国的柯赫(Robert Koch)等一批杰出的科学家建立了一套独特的微生物研究方法,对微生物的生命活动及其对人类实践和自然界的作用做了初步研究,同时还建立起许多微生物学分支学科,尤其是建立了解决当时实际问题的几门重要应用微生物学科,如医用细菌学、植物病理学、酿造学、土壤微生