



GAODENG ZHIYE JIAOYU SHIPINLEI ZHUANYE XILIE JIAOCAI

• 高等职业教育食品类专业系列教材 •

食品微生物学

SHIPIN WEISHENGWUXUE

主编 杨玉红





中国轻工业出版社
CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

食品微生物学

FOOD MICROBIOLOGY

主编 陈玉成



中国轻工业出版社

高等职业教育食品类专业系列教材

食品微生物学

主编 杨玉红

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学/杨玉红主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2011. 4

高等职业教育食品类专业系列教材

ISBN 978-7-5019-8090-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 023945 号

责任编辑: 白 洁

策划编辑: 白 洁 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 杨 琳 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 航远印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720×1000 1/16 印张: 15.75

字 数: 317 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-8090-1 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

051041J1X101ZBW

前 言

近年来,伴随着我国食品工业快速发展和高等职业技术教育的兴起,众多院校设置了相关的食品专业。食品微生物学是食品科学领域的一门重要学科,也是有关食品专业的一门必修课程。因此本书按照食品类专业对食品微生物学课程教学的基本要求,并充分考虑高等职业技术教育培养高技能人才的目标规格编写。

食品微生物学是一门系统的学科,本书既注重微生物学的基础,又突出微生物与食品的关系。在微生物学基础方面,系统介绍了原核微生物、真核微生物、非细胞型微生物的形态结构、营养、生长繁殖、遗传变异和菌种选育,力求简洁明了、深入浅出。在微生物与食品的关系方面,突出微生物在食品生产中的应用,系统介绍了微生物与食品变质的关系,并按照最新国家相关标准介绍了食品卫生内容。

本教材注重理论与实践的结合。本书共分十一章,前十章为微生物理论与应用内容,每章以知识目标、技能目标开篇,以本章小结、复习思考题结束。力求使学生明白学习重点,能力培养重点,同时拓展学生的学习视野。第十一章为实验实训内容,共十二个实验。实验实训配合理论知识的递增规律进行内容安排,对学生进行微生物实验基本技能、微生物检测能力、微生物在食品生产中应用能力的培养。

本教材共分十一章,由杨玉红任主编并统稿,肖付才任副主编。编写分工:第一、二、三、四章由肖付才(许昌职业技术学院)编写,第五、六章由张继英(信阳农业专科学校)编写,第七章由魏晓华(威海职业学院)编写,第八章由吴俊琢(濮阳职业技术学院)编写,第九、十、十一章由杨玉红(鹤壁职业技术学院)编写。

本教材可作为高职高专食品类专业的教材及食品卫生与检验的培训教材,也可作为食品企业人员的参考资料。

由于编者水平和经验有限,教材中难免存在不妥之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

杨玉红

目 录

第一章 绪论	1
第一节 微生物及其生物学特点	1
第二节 食品微生物学及其任务	3
第二章 原核微生物	6
第一节 细菌	6
第二节 放线菌	18
第三节 其他原核微生物	20
第三章 真核微生物	24
第一节 酵母菌	25
第二节 霉菌	29
第四章 非细胞型微生物	39
第一节 病毒	39
第二节 噬菌体	43
第五章 微生物的营养	48
第一节 微生物的营养需求	48
第二节 微生物对营养物质的吸收	56
第三节 微生物的营养类型	58
第四节 培养基	61
第六章 微生物的生长与控制	72
第一节 微生物的生长	72
第二节 微生物的生长规律	74
第三节 环境条件对微生物生长的影响	80
第四节 工业上常用的微生物连续培养技术	86
第七章 微生物的遗传变异与菌种选育	89
第一节 微生物遗传变异的物质基础	89
第二节 微生物的基因突变	94
第三节 微生物的基因重组	99
第四节 微生物的菌种选育	104
第五节 微生物的菌种保藏及复壮	117
第八章 微生物与食品生产	123
第一节 食品工业中常用的细菌及其应用	123

第二节	食品工业中常用的酵母菌及其应用·····	136
第三节	食品工业中常用的霉菌及其应用·····	144
第四节	微生物酶制剂及其在食品工业中的应用·····	152
第九章	微生物与食品变质·····	159
第一节	食品的微生物污染及其控制·····	159
第二节	微生物引起食品腐败变质的原理·····	162
第三节	微生物引起食品腐败变质的环境条件·····	163
第四节	食品腐败变质的症状、判断及引起变质的微生物类群·····	168
第五节	食品保藏中的防腐与杀菌措施·····	184
第十章	微生物与食品卫生·····	189
第一节	食物中毒性微生物及其引起的食物中毒·····	189
第二节	常见致病微生物·····	198
第三节	食品卫生标准中的微生物指标·····	202
第十一章	食品微生物实验实训·····	206
实验一	显微镜的使用技术及细菌基本形态观察·····	206
实验二	细菌涂片制作和革兰氏染色技术·····	210
实验三	细菌的特殊染色技术·····	212
实验四	放线菌、霉菌插片培养技术及其形态观察·····	214
实验五	酵母菌的形态观察及大小测定技术·····	215
实验六	酵母菌死、活细胞的鉴别及镜检计数·····	217
实验七	培养基的制备与灭菌技术·····	218
实验八	微生物的分离与纯化和接种技术·····	221
实验九	菌种保藏技术·····	224
实验十	食品中菌落总数的测定·····	228
实验十一	食品中大肠菌群的测定·····	230
实验十二	发酵乳实验·····	233
参考文献 ·····		235

第一章 绪 论

【知识目标】

1. 掌握微生物的基本概念以及微生物的生物学特点及作用。
2. 了解微生物学的主要分支学科与发展史。
3. 熟悉食品微生物学的研究内容与任务。

【技能目标】

能从宏观角度把握课程的章节内容与脉络。

微生物是一类独具特色的生物群，它与人类的生活、生产活动关系十分密切。

第一节 微生物及其生物学特点

一、微生物及其生物分类地位

（一）微生物的概念

微生物（microorganism, microbe）不是生物分类学中的名词，而是一类个体微小、结构简单，肉眼不可见或看不清楚，必须借助于显微镜才能看清其外形的微小生物体的统称。它既包括属于原核微生物的细菌、放线菌、蓝细菌、衣原体、支原体、立克次氏体，又包括属于真核微生物的酵母菌、霉菌、大型真菌、低等藻类和原生动物，还包括不具备细胞结构的病毒、亚病毒（类病毒、拟病毒、朊病毒）。虽然微小生物包括了众多的生物类群，形态和大小各异，但是，由于它们都是比较简单的、低等的生物，其生物学特性比较接近，所以人们赋予其一个共同的名称——微生物。

食品生产中经常遇到的微生物是细菌、放线菌、酵母菌、霉菌和噬菌体等，将在以后的章节中分别介绍。

（二）微生物的生物分类地位

对于生物的分类，早在 18 世纪中叶，人们把所有生物分成两界，即动物界（animalia）和植物界（Plantae），后来发现把自然界中存在的形体微小、结构简单的低等生物笼统地归入动物界和植物界是不妥当的。到 1866 年 Haeckel 提出了原生生物界（protistae），其中包括藻类（alga）、原生动物（protozoa）、真菌（fungi）和细菌。到 20 世纪 50 年代，随着电子显微镜的应用和细胞超微结构研究的进展，提出了原核与真核的概念，因此把属于原核结构的细菌和具有真核结构的真菌等统归原生生物界显然是不可能的。1957 年 Copeland 提出四界分

类系统：即原核生物界（Procaryotae，细菌、蓝细菌等）、原生生物界（原生动物、真菌、黏菌和藻类等）、动物界和植物界。

1969年，Whittaker提出把真菌单独列为一界，即形成了生物五界分类系统：原核生物界、真核原生生物界（protistae）、真菌界（fungi）、动物界和植物界。

随着对病毒研究的深入，于1977年，我国微生物学家王大耜提出把病毒列为一界，即病毒界（vira）。因此在五界分类系统的基础上形成了六界分类系统。根据微生物的定义，我们可以看出，在生物六界分类系统中，微生物横跨四界。

1978年，R. H. Whittaker和L. Margulis提出了三原界（urkingdom）分类系统。认为，在生物进化的早期，存在一类各生物的共同祖先，然后分成三条进化路线，形成了三个原界：古细菌原界（包括产甲烷细菌、极端嗜盐细菌、嗜热嗜酸细菌）、真细菌原界（包括除古细菌以外的其他原核生物）、真核生物原界（包括原生动物、真菌、动物和植物）。这是由于20世纪70年代发现了被称为“第三型生物”的古细菌（archaebacteria）。

近年来，我国学者又提出了菌物界（myceteae）的概念，菌物界是与动植物界并行的一大类真核生物，除指一般真菌外，还包括一些既不宜归入动物界，也不宜归入植物界，又不同于一般真菌的真核生物。

由此可见，自然界生物系统的划分，与微生物的不断发现和对微生物研究的不断深入密切相关，充分显示了微生物在生物领域中的重要地位。

二、微生物的生物学特点与作用

微生物除具有生物的共性外，也有其独特的特点，正因为具有这些特点，才使得这样微不可见的生物类群引起人们的高度重视。微生物由于其体形极其微小，因而带来了以下的三个共性。

（一）分布广泛，种类繁多

微生物因其体积小、重量轻，因此可以到处传播，可以说达到“无孔不入”的地步。微生物只怕明火，地球上除了火山的中心区域外，从土壤圈、水圈、大气圈甚至岩石圈，到处都有微生物的踪迹。在动植物体内外、植物表面、土壤、河流、空气、平原、高山、深海、冰川、盐湖、沙漠中，都有大量与其相适应的微生物在活动。可以说凡是有高等生物生存的地方，都有微生物存在，甚至某些没有其他生物生存的地方，也有微生物存在。由于食品主要以植物果实或动物的组织器官为原料，所以动植物携带的微生物是食品变质的主要影响因素。

微生物的种类极其繁多，我们所知道的动物约有150万种，植物约有50万种。据估计，微生物的总数在50万至600万种之间，其中已记载的仅约20万种（1995年），包括原核生物3500种，病毒4000种，真菌9万种，原生动物和藻类10万种。随着人类对微生物的不断开发、研究和利用，这些数字还在急剧

增长。

（二）生长繁殖快，代谢能力强

微生物具有极高的生长和繁殖速度，一种至今被人们研究得最透彻的微生物——*Escherichia coli*.（大肠埃希氏菌，简称大肠杆菌）在适宜的条件下，1h即繁殖三代，24h即可繁殖72代，由一个菌细胞可繁殖到 47×10^{22} 个，重4700多t，如果将这些新生菌体排列起来，可绕地球一周有余。48h繁殖后的重量约等于4000个地球之重。微生物这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义。例如，500kg食用公牛，每昼夜只能从食物中“浓缩”0.5kg的蛋白质，使用500kg的酵母菌，以废糖液和氨水为养料，在1d内即可合成50000kg的蛋白质。

由于微生物个体微小，单位体积的表面积相对很大，有利于细胞内外的物质交换，细胞内的代谢反应快，代谢能力强。如此强的代谢能力，加速了微生物生长繁殖。微生物之所以能够成为发酵产业的产业大军，正是因为其具有生长快、代谢能力强的特点，才使得其在工、农、医等战线上发挥巨大作用。加之微生物的种类繁多，代谢类型多种多样，在地球的物质转化中起到了重要作用。如果没有微生物，动植物尸体以及生活生产中的垃圾将不能腐烂分解，早已是堆积如山，布满全球。但事物总是一分为二的，也正是由于上述特点，微生物也曾经或随时都有可能给人类带来疫病的灾难。

（三）遗传稳定性差，容易发生变异

微生物体微小，一般是单细胞、简单多细胞或非细胞的，它们通常是单倍体，加之它们具有繁殖速度快、数量多和与外界环境直接接触等原因，很容易受到各种不良外界环境的影响。即使微生物变异频率十分低（一般为 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ ），也可在短时间内产生大量的变异后代。

微生物的遗传稳定性差，给菌种保藏工作带来一定不便，一般在能满足生产需要的情况下，尽量减少菌种的传代次数，并且经常检测菌种的纯度和活力，一旦出现菌种因突变而退化的现象，就必须对菌种进行复壮工作。另一方面，正因为微生物的遗传稳定性差，其遗传的保守性低，使得微生物菌种培育相对容易得多。通过育种工作，可以大幅度地提高菌种的生产性能。目前在发酵工业上，所用的生产菌种大多是经过突变培育的，其生产性能比原始菌株提高几倍、几十倍甚至几百倍。例如，生产青霉素的产黄青霉菌，1943年每1mL青霉素发酵液只生产20单位的青霉素，经过多年来的育种工作，目前青霉素发酵水平已提高几百倍、几千倍。

第二节 食品微生物学及其任务

一、食品微生物学的研究内容

微生物在自然界广泛存在，在食品原料和大多数食品上都存在微生物。食品

微生物学就是研究与食品有关的微生物的种类、特点，微生物与食品的相互关系的科学。食品微生物学研究的内容主要包括两个方面。

（一）食品工业中的有益微生物及其应用

在食品工业中的有益微生物主要是霉菌、细菌和酵母菌类群中的部分菌种，它们在食品中的应用主要有三种方式：①微生物菌体的应用，食用菌就是受人欢迎的食品，而且早在古代人们就采食野生菌类；乳酸菌可以引起蔬菜（泡菜）和酸奶的发酵，如今成为人们的餐桌食品；单细胞蛋白越来越多地在人们的生产生活中发挥重要作用。②微生物代谢产物的应用，它们是微生物通过产生有益的次级代谢产物应用于发酵工业（如柠檬酸、味精、氨基酸、维生素等的发酵生产）。③微生物酶的应用，如豆腐乳、酱油、酱类是利用微生物产生的酶将原料中的成分分解而制成的食品。

（二）食品工业中的有害微生物及其控制

微生物引起的食品腐败变质是微生物的污染、食品的性质和环境条件综合作用的结果。由于食品原料主要来源于动植物原料，一般情况下本身就带有大量微生物，一旦环境条件适宜，这些微生物则以食品为自己的养分，不断生长繁殖。微生物不但可以影响食品的营养成分和感官质量，有的还产生有害物质，从而引起食品的变质。

引起食品腐败变质的很多微生物是人类的致病菌，有的微生物还产生毒素，人们食用含有大量致病菌和毒素的食物，则会引起疾病或食物中毒。研究这些食品中有害微生物的目的在于减少或避免有害微生物对食品的污染，保证食品的质量，从而保证人类的健康。

二、食品微生物学的研究任务

我国幅员辽阔，微生物资源丰富，充分利用有益的微生物，可为消费者生产出更好更多的食物。同时，微生物引起食品的腐败变质不仅可以使食品的营养价值损失和降低，而且一旦人们食用了含有大量病原菌、毒素的食品，则会引起食物中毒、疾病，甚至危及生命。所以食品微生物学的任务是：研究有益微生物在食品中的应用，为人类提供营养丰富、有益健康的食品。同时，避免在食品生产、保藏、流通中有害微生物的污染，防止食品腐败变质和食物中毒，保证食品的安全性。

因此，为学好这门课程，必须较好地掌握微生物的基本理论和实验操作技能，熟悉微生物与食品原料、加工、环境的关系以及掌握控制有害微生物的方法和技能。

本章小结

微生物是一切微小生物的统称。它主要包括细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、

病毒等，在生物分类学上占有重要地位，生物六界分类系统中，微生物占四界。微生物具有分布广泛，种类繁多；生长繁殖快，代谢能力强；遗传稳定性差，容易发生变异的特点，与人类的实践有着重大关系。食品微生物学研究的内容主要包括：有益微生物及其应用，有害微生物及其控制。

复习思考题

1. 什么是微生物？它包括哪些类群？微生物在生物不同分类系统中的地位如何？
2. 举例阐述微生物的生物学特点以及与人类实践的关系。
3. 简述食品微生物学的研究对象和任务。
4. 怎样才能学好食品微生物学？

第二章 原核微生物

【知识目标】

1. 熟悉并掌握细菌细胞的形态结构、化学组成和生理功能以及繁殖方式和菌落特征。
2. 熟悉放线菌的形态结构、繁殖特点和菌落特征，了解放线菌的主要类群以及与人类的关系。
3. 了解蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体和古细菌的形态结构和生理特点以及与人类的关系。

【技能目标】

能正确进行显微镜使用、细菌染色和形态观察、放线菌培养与形态观察、细菌和放线菌菌落识别和描述。

微生物类群庞杂、种类繁多，包括细胞型和非细胞型两类。在细胞型微生物中，按其细胞尤其是细胞核的构造和进化水平上的差别，可把它们分为原核微生物和真核微生物两个大类。原核微生物中的常见类群有细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体等，真核微生物中的常见类群有酵母菌、霉菌、蕈(xun)菌和真核原生动物。非细胞型微生物则主要包括(真)病毒、类病毒、拟病毒、朊病毒。近年来正在越来越深入研究的古细菌(archaeobacteria)，尽管其在进化谱系上与细菌和真核生物相互并列，但其在细胞构造上却与细菌较为接近，同属于原核微生物。

由于生物科学的不断深入和技术手段的不断改善，尤其是电子显微镜的应用和细胞超微结构的研究，发现细胞生物的细胞核存在着两种类型，分为真核与原核。原核微生物是指一大类细胞核无核膜包裹，只有一条被称作核区(nuclear region)的裸露的双螺旋结构的DNA的原始单细胞生物。本章将以最常见的细菌作主要代表详细阐述原核生物细胞的各部分构造和功能。

第一节 细 菌

细菌是一类个体微小、形态简单，具有细胞壁，靠二分裂繁殖的单细胞原核微生物。它是食品微生物理论、发酵工业研究的主要对象，也是导致食品腐败的主要类群。在自然界中细菌是分布最广、数量最多的一类生物，而且与食品关系极为密切。凡在温暖、潮湿和富含有机质的地方，都有细菌的存在和活动。在滋

生大量细菌的食物表面，会观察到水珠状、鼻涕状、浆糊状、颜色多样的菌落或菌苔，用手抚摸会有黏、滑的感觉，常会散发特有的难闻的臭味和酸败味。

一、细菌的基本形态和空间排列

在显微镜下不同细菌的形态可以说是千差万别、丰富多彩，但就单个细胞而言，其基本形态可分为球状、杆状与螺旋状三种，分别称为球菌、杆菌和螺旋菌（见图 2-1）。

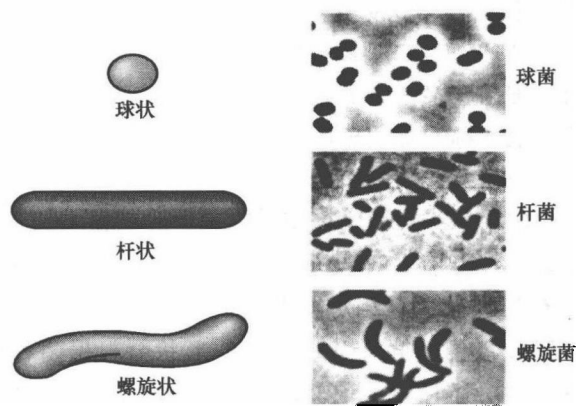


图 2-1 细菌的三种基本形态（左为模式图，右为照片）

（一）球菌

球菌是一类菌体呈球形或近似球形的细菌。根据繁殖时细胞分裂面的方向不同以及分裂后菌体间相互粘附的松紧程度和组合状态不同，可分为 6 种不同的排列方式（见图 2-2）。

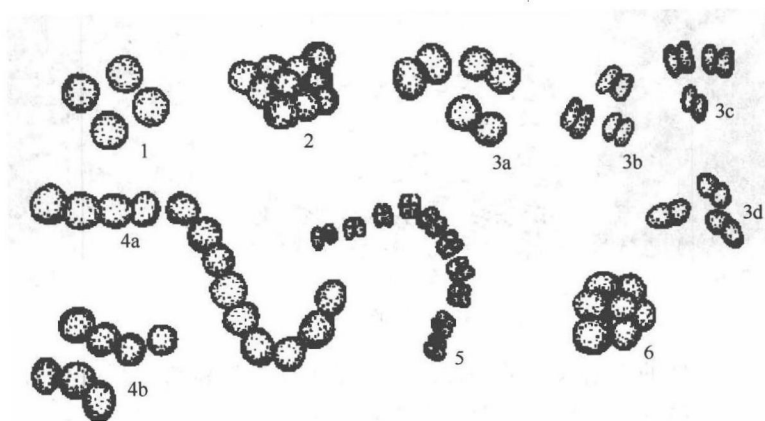


图 2-2 球菌的各种形态

1—单球菌 2—葡萄球菌 3a、3b、3c、3d—双球菌 4a、4b—链球菌 5—四联球菌 6—八叠球菌

(1) 单球菌 细菌在一个平面上分裂，且分裂后的细胞分散而单独存在的球菌称为单球菌，如尿素微球菌。

(2) 双球菌 细菌在一个平面上分裂，且分裂后 2 个菌体成对排列的称为双球菌，如肺炎球菌。

(3) 链球菌 细菌在一个平面上分裂，且分裂后多个菌体相互连接成链状的称为链球菌，如乳链球菌。

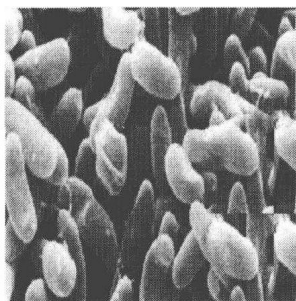
(4) 四联球菌 细菌在两个相互垂直的平面上分裂，分裂后每 4 个菌体排列成田形的称为四联球菌，如四联微球菌。

(5) 八叠球菌 细菌在 3 个相互垂直的平面上分裂，且分裂后每 8 个菌体呈立方形排列的称为八叠球菌，如尿素八叠球菌。

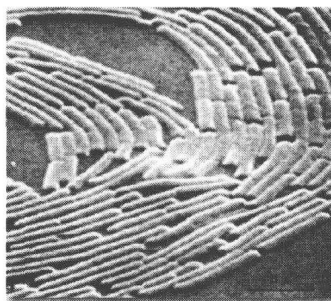
(6) 葡萄球菌 细菌在多个不规则的平面上分裂，且分裂后的菌体无规则地堆积在一起呈葡萄串状的称为葡萄球菌，如金黄色葡萄球菌。

(二) 杆菌

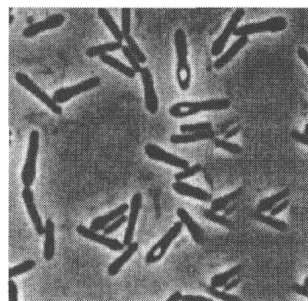
菌细胞呈杆状的细菌称为杆菌。杆菌是细菌中种类最多的类型，杆菌细胞是长形，其长度大于宽度，由于比例不同，往往杆菌的长短差别很大。根据菌体长和宽的比例不同，有长杆菌、杆菌和短杆菌，长杆菌：（长：宽 >2 ），杆菌：（长：宽 $=2$ ），短杆菌：（长：宽 <2 ）。杆菌的形状会根据菌种的不同而有所差异，有的杆菌菌体很直，有时会出现多种形状，如弯曲、弧状、纺锤状和分枝等。杆菌的两端也常呈现各种不同的形状，如半圆、钝圆、平截和略尖等。此外菌体排列的形式也有不同，大多数杆菌菌体分散存在，但有的杆菌呈长短不同的链状排列，有的一个挨一个呈栅状或八字形。还有些杆菌可以产生芽孢称为芽孢杆菌。而不产生芽孢的也称无芽孢杆菌（见图 2-3）。



短杆菌



长杆菌



梭状芽孢杆菌

图 2-3 杆菌的各种形态

工农业中用到的细菌大多数是杆菌。如用来生产淀粉酶与蛋白酶的枯草芽孢杆菌，生产谷氨酸的北京棒状杆菌，在农业上用作杀虫剂的苏云金杆菌，以及作细菌肥料的根瘤菌等都是杆菌。杆菌中也有不少致病菌如伤寒沙门氏菌、痢疾志

贺氏菌等。

(三) 螺旋菌

细胞弯曲的杆菌称为螺旋菌。按照其弯曲的程度不同,可分为弧菌和螺旋菌两种(见图 2-4)。

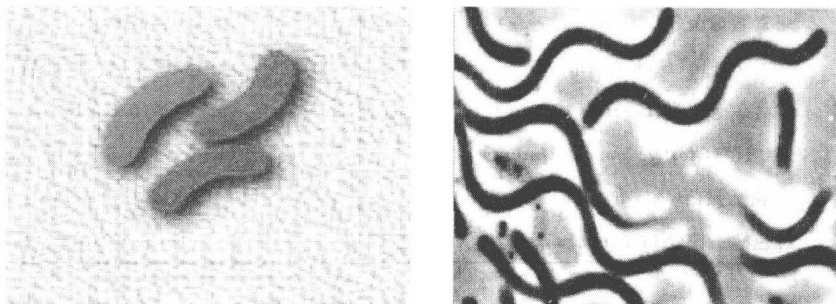


图 2-4 螺旋菌的各种形态(左图为弧菌,右图为螺旋菌)

(1) 弧菌 菌体仅一个弯曲,呈弧形或逗号形,如霍乱弧菌。

(2) 螺旋菌 菌体有多个弯曲,回转成螺旋状,如小螺菌。

细菌的形态明显地受环境条件的影响,如培养时间、培养温度、培养基的组成与浓度等发生改变,均能引起细菌形态的改变。一般处于幼龄阶段和生长条件适宜时,细菌形态正常、整齐,表现出特定的形态。在较陈旧的培养物中或不正常的条件下,细胞常出现不正常形态,尤其是杆菌,有的细胞膨大,有的出现梨形,有的产生分枝,有时菌体显著伸长以至呈丝状等。这些不规则的形态统称为异常形态,若将它们转移到新鲜培养基中或适宜的培养条件下又可恢复原来的形态。

二、细菌的大小及其测定方法

细菌的个体很小,必须借助光学显微镜才能观察到,因此细菌的大小通常要使用显微镜中的显微测微尺来测量。显微测微尺包括放入目镜中的目镜测微尺和放在镜台上的物镜测微尺。物镜测微尺有 1mm 长的刻度线,刻有 100 个小格,即每格代表 $10\mu\text{m}$ 。目镜测微尺也刻有 100 小格,其每格所代表的长度在测量前必须使用物镜测微尺标定,标定之后方可在显微镜下对细菌细胞进行测量(详见第十二章实验五)。细菌的长度单位为微米(μm)。如用电子显微镜观察细胞构造或更小的微生物时,要用更小的单位纳米(nm)来表示,它们之间的关系是:
 $1\text{mm}=10^3\mu\text{m}=10^6\text{nm}$ 。

球菌的大小以其直径表示,杆菌、螺旋菌的大小以宽度 $\times$ 长度来表示。螺旋菌的长度是以其两端的空间距离来表示。细菌的大小随种类不同而有差异。大多数球菌直径在 $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$;杆菌一般长 $1\sim 5\mu\text{m}$;弧菌宽 $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$,长 $1\sim 5\mu\text{m}$;螺旋菌宽 $0.3\sim 1\mu\text{m}$,长 $1\sim 50\mu\text{m}$ 。一般细菌细胞大小见表 2-1。

表 2-1

细菌的大小

菌 种	大小/ μm
乳链球菌(<i>Streptococcus lactis</i>)	0.8~1
金黄色葡萄球菌(<i>Staphylococcus aureus</i>)	1.0~1.5
尿素微球菌(<i>Micrococcus ureae</i>)	0.5~0.8
大肠杆菌(<i>Escherichia coli</i>)	$(1.2\sim3.0)\times(0.8\sim1.2)$
枯草芽孢杆菌(<i>Bacillus subtilis</i>)	$(4\sim6)\times(0.8\sim1.2)$
肉毒梭菌(<i>Clostridium botulinum</i>)	$(1\sim3)\times(0.3\sim0.6)$
霍乱弧菌(<i>Vibrio cholerae</i>)	$(1\sim3.2)\times(1.0\sim1.5)$
红色螺旋菌(<i>Spirillum rubrum</i>)	$(1\sim2)\times0.5$

三、细菌的细胞结构及其功能

细菌细胞的模式构造见图 2-5。其中把一般细菌都有的构造称一般构造或基本构造，一般构造主要包括细胞壁、细胞膜、细胞质和核区等。把仅部分细菌才有的或一般细菌在特殊环境条件下才有的构造称为特殊构造，主要包括鞭毛、菌毛、性菌毛、糖被和芽孢等。

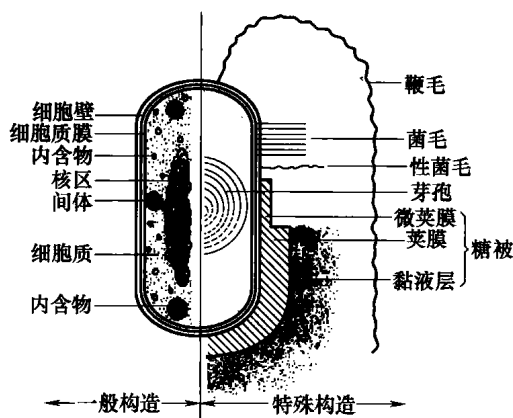


图 2-5 细菌细胞结构模式图

(一) 细菌细胞的一般构造

1. 细胞壁

(1) 细胞壁生理功能 细胞壁是位于细胞最外层的一层坚韧而略具弹性的结构。占细胞干重的10%~25%，厚度一般在10~80nm之间。在一般光学显微镜下不易观察到，通过染色、质壁分离或制成原生质体后可在光学显微镜下观察到细胞壁的存在。细胞壁的主要功能有：①固定细胞外形和提高机械强度，无论细胞原来是什么形状，

除掉细胞壁后都将呈球形。同时细胞壁的坚韧结构使细胞能承受内外的渗透压差而不至发生渗透裂解，从而使其免受渗透压等外力的损伤。②为细胞的生长、分裂和鞭毛运动所必需。③阻拦酶蛋白和某些抗生素等大分子物质（相对分子质量大于800）进入细胞，保护细胞免受溶菌酶、消化酶和青霉素等有害物质的损伤。④赋予细菌具有特定的抗原性、致病性以及对抗生素和噬菌体的敏感性。

(2) 细胞壁的结构与组成 由于细胞壁结构和组成的不同，通过革兰氏染色法染色后的结果也不同。可把细菌分成革兰氏阳性（G⁺）细菌和革兰氏阴性