



国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
全国高等职业院校食品类专业教材

食品微生物基础 与检验技术

郭永 主编

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO
SHIPINLEI ZHUANYE JIAOCAI
SHIPIN WEISHENGWU JICHU
YU JIANYAN JISHU



中国劳动社会保障出版社

18201.3

2013.2

国家级职业教育规划教材
 人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
 全国高等职业院校食品类专业教材

食品微生物基础与 检验技术

郭 永 主 编
 杨玉红 主 审



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物基础与检验技术/郭永主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,2012
全国高等职业院校食品类专业教材

ISBN 978-7-5045-9970-4

I. ①食… II. ①郭… III. ①食品微生物-高等职业教育-教材②食品微生物-食品检验-高等职业教育-教材 IV. ①TS201.3②TS207.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 227448 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

三河市潮河印业有限公司印刷装订 新华书店经销
787毫米×1092毫米 16开本 15.75印张 334千字

2012年11月第1版 2012年11月第1次印刷

定价:29.00元

读者服务部电话:010-64929211/64921644/84643933

发行部电话:010-64961894

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

如有印装差错,请与本社联系调换:010-80497374

前 言

随着我国食品工业的迅速发展，食品行业、企业对从业人员的知识结构和技能水平提出了更高的要求。为了更好地满足企业的用人需要，促进高等职业技术学院食品类专业教学工作的开展，加快高技能人才培养，我们组织有关院校的骨干教师和行业、企业专家，对专业培养目标、课程设置、教学模式进行了深入研究，开发了全国高等职业技术学院食品类专业教材。

本次开发的教材包括《食品生物化学》《食品微生物基础与检验技术》《食品分析与检验》《食品营养学》《食品质量管理与安全控制》《食品加工机械与设备》《水产品加工技术》《乳制品加工技术》《果蔬加工技术》《粮油食品加工技术》和《肉制品加工技术》。

本次教材开发工作的重点有以下几个方面：

第一，坚持高技能人才的培养方向，突出教材的职业特色。以职业能力为本位，从职业（岗位）分析入手，根据高等职业技术学院食品类专业毕业生所从事职业的实际需要，科学确定学生应具备的知识和能力结构。特别注重加强教材中的实验、实训环节，以提高学生的实际操作能力，为从业打好基础。

第二，体现食品行业发展趋势，突出教材的先进性。根据食品行业的发展现状，尽可能多地在教材中体现本行业的新理念、新知识、新技术和新设备，并严格执行国家有关技术标准，使教材具有鲜明的时代特征。

第三，创新编写模式，突出教材的适用性。按照学生的认知规律，合理安排教材内容，部分加工类课程以项目方式设计教学情境，以真实工作任务为项目载体，使教材更加易教、易学。在编写过程中，注重利用图表、实物照片辅助讲解知识点和技能点，激发学生的学习兴趣。

本套教材的编写得到了有关省市人力资源和社会保障厅（局）以及一批高等职业技术学院的大力支持，教材的编审人员做了大量的工作，在此表示衷心的感谢。同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

2012年10月

简 介

本书为国家级职业教育规划教材，由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐。

本书主要内容包括：微生物主要类群的形态与结构、微生物的生理、微生物常规实验技术、微生物在食品生产中的应用、污染食品的主要致病微生物及其预防、食品腐败变质及控制、食品生产中微生物污染与安全管理、食品微生物安全检验技术等。本书在相应章节还安排了适量的实训。

本书为全国高等职业技术学院食品类专业教材，也可供相关企业人员参考。

本书由黄河水利职业技术学院郭永任主编，鹤壁职业技术学院杨玉红教授任主审。参编人员有黄河水利职业技术学院申森、张品品，山东药品食品职业学院孙丽萍，中州大学冯冲，沈阳德式冷饮食品有限公司王国明，南通出入境检验检疫局刘文斌。

目 录

绪论	(1)
第一章 微生物主要类群的形态与结构	(6)
第一节 细菌	(6)
第二节 其他原核微生物	(19)
第三节 酵母菌	(21)
第四节 霉菌	(26)
第五节 食用菌	(33)
第六节 非细胞生物——病毒	(36)
实训一 显微镜的使用及微生物标本片的观察	(43)
实训二 细菌的简单染色、革兰氏染色及形态观察	(47)
实训三 酵母菌的形态观察及死活细胞的鉴别	(50)
实训四 霉菌的形态观察	(52)
第二章 微生物的生理	(55)
第一节 微生物的营养	(55)
第二节 微生物的代谢	(65)
第三节 微生物的生长	(69)
第四节 微生物生长的控制	(75)
第三章 微生物常规实验技术	(91)
第一节 微生物的无菌操作	(91)
第二节 微生物菌种筛选、分离、接种与培养	(93)
第三节 微生物菌种保藏	(99)

实训五	微生物培养基的制备及灭菌	(105)
实训六	微生物的纯种分离和培养	(111)
实训七	微生物接种	(113)
实训八	微生物菌种保藏	(116)
第四章	微生物在食品生产中的应用	(118)
第一节	细菌在食品生产中的应用	(118)
第二节	酵母在食品生产中的应用	(125)
第三节	霉菌在食品生产中的应用	(131)
第四节	食品生产中的微生物酶制剂及其应用	(133)
第五节	食用菌的生产	(135)
第五章	污染食品的主要致病微生物及其预防	(137)
第一节	污染食品的致病性细菌及其预防	(137)
第二节	污染食品的霉菌毒素及其预防	(145)
第三节	污染食品的人畜共患传染病病原微生物及其预防	(148)
第六章	食品腐败变质及控制	(154)
第一节	食品腐败变质的危害、原理及鉴定	(154)
第二节	常见食品的腐败变质	(162)
第三节	食品腐败变质的控制	(171)
第七章	食品生产中微生物污染与安全管理	(187)
第一节	污染食品的微生物来源及其途径	(187)
第二节	食品生产中微生物的消灭	(191)
第三节	食品生产中微生物的安全管理	(192)
第八章	食品微生物安全检验技术	(197)
第一节	食品企业微生物实验室的基本要求和配置	(197)
第二节	食品安全标准中微生物指标及意义	(200)
第三节	常见食品微生物检验样品的采集与处理	(205)
实训九	食品中菌落总数的测定	(216)

实训十 食品中大肠菌群的检验 (219)

实训十一 食品中霉菌和酵母菌的检验 (223)

实训十二 食品中金黄色葡萄球菌的检验 (225)

实训十三 空气中微生物的检验 (231)

实训十四 鲜乳或乳粉中抗生素残留检验 (232)

附录 常用微生物培养基配方 (235)

参考文献 (243)

一、微生物的命名及其在生物分类学中的地位

微生物(microorganism)是一个非生物分类学上的专门名词,而是指一切肉眼难以看见或勉强可见的个体微小、结构简单、繁殖快、代谢旺盛的微小生物体的总称。

非生物分类学历史上,一般把生物体分为动物界和植物界两大类,而微生物并不属于其中任何一种,而且它们中间有些是原核生物,有些是真核生物,还有些类型既没有植物界的特征,又没有动物的典型特征,因而对它们的动植物界都不恰当。1858年魏尔肖(Weirholl)把动物界与植物界之间的第三界——原生生物界,包括原生动物、藻类、菌类等。

由于科学的发展,新技术和新方法的应用,尤其是电子显微镜和超显微结构分析技术的应用,人们发现生物界应该分为两种类型:一种是没有真正的核结构,称为原核生物,如细菌、蓝藻等;另一种是有核膜、核仁及染色体的真核生物,除动物和植物外,还包括原生动物、藻类等。此外还有原核生物,其核生物和原核生物不仅细胞核的结构不同,而且其性状也不相同。根据这一新的认识,1969年魏特克(Whittaker)提出五界系统:原动物界、植物界、原生生物界、真核生物界(原核生物界),五界系统的生物都有细胞核,除原生动物界以外的其他,我国学者于1979年提出将无细胞结构的病毒归为病毒界,从而建立了六界系统。

因此,广义地说,微生物包括原核微生物、真核微生物以及带有细胞膜只有蛋白质外壳的病毒,且不能供其生活的营养。其中原核微生物包括单细胞原核的细菌、放线菌等;真核微生物包括有核膜的真核生物,其营养型和真菌、原生菌(多数是单细胞,多数具有分生孢子)类似,包括单细胞的管胞菌、单细胞或多细胞的霉菌以及能够产生肉眼可见的孢子团体的真菌(又称蕈菌)、微生物种类、大小和细胞特征见表0-1。

绪 论



学习目标

1. 掌握微生物的概念及其生物学特点。
2. 了解微生物学发展简史。
3. 明确食品微生物学的研究内容。

一、微生物的概念及其在生物分类中的地位

微生物 (microorganism, microbe) 一词并非生物分类学上的专门名词, 而是指一类不借助显微镜, 用肉眼看不见或者看不清楚的个体微小、结构简单、数量庞大、类型极其多样的微小生物类群的统称。

在生物学发展的历史上, 曾把所有的生物分为动物界和植物界两大类。而微生物不仅形体微小、结构简单, 而且它们中间有些类型像动物, 有些类型像植物, 还有些类型既具有动物的某些特征, 又具有植物的某些特征, 因而归于动物或植物都不恰当。于是, 1866年海克尔 (Haeckel) 提出区别动物界与植物界的第三界——原生生物界, 它包括藻类、原生动物、真菌和细菌。

由于科学的发展, 新技术和研究方法的应用, 尤其是电子显微镜和超显微结构研究技术的应用, 人们发现生物的细胞核有两种类型, 一种是没有真正的核结构, 称为原核, 其细胞不具核膜, 只有一团裸露的核物质; 另一种是由核膜、核仁及染色体组成的真正的核结构, 称为真核。动物界、植物界及原生生物界中的大部分藻类、原生动物和真菌是真核生物, 而细菌、蓝细菌等则是原核生物。真核生物和原核生物不仅细胞核的结构不同, 而且其性状也有差别。根据核结构的不同, 1969年魏特克 (Whittaker) 提出五界系统, 即动物界、植物界、原生生物界、真菌界和原核生物界, 五界系统的生物都有细胞结构。病毒作为一界被提出的较晚, 我国学者于1979年提出将无细胞结构病毒立为病毒界, 从而建立了六界系统。

因此, 一般来说, 微生物包括原核微生物、真核微生物以及没有细胞而只有蛋白质外壳包围着的遗传物质, 且不能独立生活的病毒。其中原核微生物包括单细胞原核的细菌、放线菌等; 真核微生物包括真核的原生动物、某些藻类和真菌。而真菌少数是单细胞, 多数具有分支的丝状体, 包括单细胞的酵母菌、单细胞或多细胞的霉菌以及能够产生肉眼可见且可以食用的子实体的食用菌 (又称蕈菌)。微生物种类、大小和细胞特征见表0—1。

表 0—1

微生物种类、大小和细胞特征

微生物	大小近似值	细胞特征
病毒	0.01~0.25 μm	非细胞
细菌	0.1~10 μm	原核生物
真菌	2 μm ~1 m	真核生物
原生动动物	2~1 000 μm	真核生物
藻类	1 μm ~几米	真核生物

二、微生物的生物学特点

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

1. 种类繁多，分布广泛

微生物在自然界是一个十分庞杂的生物类群。迄今为止，人们所知道的微生物约有 10 万种以上。它们具有各种生活方式和营养类型，其中大多数是以有机物为营养物质的，还有些是寄生类型。微生物的生理代谢类型之多，是动、植物所不及的。微生物有着多种产能方式，如细菌光合作用、自养细菌的化能合成作用、各种厌氧产能途径；生物固氮作用；合成各种复杂有机物——次生代谢产物的能力；对复杂有机物分子的生物转化能力；分解氰、酚、多氯联苯等有毒物质的能力等。不同微生物可以产生不同的代谢产物，如抗生素、酶类、氨基酸及有机酸等。此外，自然界的物质循环也是由各种微生物参与才得以完成的。

微生物在自然界的分布极为广泛，植物体表和体内、正常人体及动物体中都有微生物的存在，可以这样说，凡是有高等生物存在的地方就有微生物存在。而即使在极端的环境条件，如高山、深海、冰川、沙漠等高等生物不能存在的地方，也有微生物存在。

2. 代谢活力强，繁殖快

微生物体积虽小，但有极大的表面积与体积的比值，因而微生物能与环境之间迅速进行物质交换，吸收营养和排泄废物，而且有最大的代谢速率。从单位质量来看，微生物的代谢强度比高等生物大几千倍到几万倍，例如，发酵乳糖的细菌在 1 h 内可分解其自身质量 1 000~10 000 倍的乳糖。微生物的这个特性为它们的高速生长繁殖和产生大量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。人类对微生物的利用主要体现在它们的生物化学转化能力方面。

微生物繁殖速度快，易培养，是其他生物所不能比的。如大肠杆菌细胞在合适的生存条件下，每分裂一次的时间是 12.5~20.0 min，如果按 20 min 分裂一次计算，则每小时分裂 3 次，每昼夜可分裂 72 次，后代数为 4 722 366 500 万亿个（质量约为 4 722 t），48 h 为 2.2×10^{43} 个（约等于 4 000 个地球的质量）。但事实上，由于种种客观条件的限制，细菌的指数分裂速度只能维持数小时，因而在液体培养中，细菌的浓度一般仅能达到每毫升 $10^8 \sim 10^9$ 个。微生物的这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义，主要体现在它的生产效率高、发酵周期短上。而且大多数微生物都能在常温、常压下，利用简单

的营养物质生长,并在生长过程中积累代谢产物,不受季节限制,可因地制宜,就地取材,这就为开发微生物资源提供了有利的条件。

3. 适应性强,容易变异

微生物有极其灵活的适应性,这是高等动、植物所无法比拟的。其原因主要是因为其体积小和面积大,即比表面积大。为了适应多变的环境条件,微生物在其长期的进化过程中就产生了许多灵活的代谢调控机制,并有种类很多的诱导酶(可占细胞蛋白质含量的10%)。

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞或非细胞的。它们通常都是单倍体,加上它们具有繁殖快、数量多和与外界直接接触等原因,即使其变异频率十分低(一般为 $10^{-10} \sim 10^{-5}$),也足以在短时间内产生大量变异后代。最常见的变异形式是基因突变,它可以涉及任何形状,如形态构造、代谢途径、生理类型以及代谢产物的质或量的变异等。人们利用微生物易变异的特点进行菌种选育,可以在短时间内获得优良菌种,提高产品质量,这在工业上已有许多成功的例子。但若保存不当,菌种的优良特性也很容易发生退化,因此,这种易变异的特点又是微生物应用中不可忽视的。

三、微生物学发展简史

1. 微生物学的经验时期

古代人类虽未观察到微生物,但在工农业生产及疾病防治中积累了很多利用有益微生物和防治有害微生物的经验。公元前2000多年的夏禹时代就有仪狄酿酒的记载,北魏(公元386—534年)《齐民要术》一书中详细记载了制醋的方法。长期以来,民间常用的盐腌、糖渍、烟熏、风干等保存食物的方法实际上正是通过抑制微生物的生长而防止食物的腐烂变质。

2. 实验微生物学时期

首先观察到微生物的是荷兰人列文虎克(Antony Van Leeuwenhoek, 1632—1723)。他于1676年用自磨镜片制造了世界上第一架显微镜(可放大50~300倍),并从雨水、池塘水等标本中第一次观察和描述了各种形态的微生物,为微生物的存在提供了有力证据,也为微生物形态学的建立奠定了基础。

19世纪60年代,由于在欧洲一些国家占重要经济地位的酿酒工业及蚕丝业发生酒类变质和蚕病危害等,促进了人们对微生物的研究。法国科学家巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)首先通过实验证明有机物质的发酵与腐败是由微生物所引起的,而酒类变质是因污染了杂菌,从而推翻了当时盛行的自然发生说。巴斯德的研究开创了微生物的生理学时代,人们认识到不同微生物间不仅有形态学上的差异,在生理学特性上也有所不同,进一步肯定了微生物在自然界中所起的重要作用。从此,微生物开始成为一门独立学科。

巴斯德开创使用的通过加热处理以防止酒类变质的消毒法就是至今仍沿用于酒类和乳类的巴氏消毒法。在巴斯德的影响下,英国外科医生李斯特(Joseph Lister, 1827—1912)开创使用石炭酸喷洒手术室和煮沸手术用具,为防腐、消毒以及无菌操作打下了基础。

微生物学的另一奠基人是德国学者柯赫 (Robert Koch, 1843—1910)。他开创使用固体培养基, 可将细菌从环境或病人排泄物等标本中分离成单一菌落, 以便于对各种细菌分别进行研究。同时又开创使用了染色方法和实验性动物感染, 为发现各种传染病的病原体提供了有利条件。在 19 世纪的最后 20 年中, 大多数细菌性传染病的病原体由柯赫和在他带动下的一大批学者发现并分离培养成功。

俄国学者伊凡诺夫斯基于 1892 年发现了第一种病毒即烟草花叶病毒。1897 年莱夫勒 (Loeffler) 和弗罗施 (Frosch) 发现动物口蹄疫病毒。1901 年美国学者沃尔特·里德 (Walter Reed) 首先分离出对人类致病的黄热病毒。1915 年英国学者图尔特 (Twort) 发现了细菌病毒 (噬菌体)。

3. 现代微生物学时期

近几十年来, 由于生物化学、遗传学、细胞生物学、分子生物学等学科的发展, 以及电子显微镜、免疫学技术、单克隆抗体技术、分子生物学技术的进步, 促进了医学微生物学的发展。人们得以从分子水平上探讨病原微生物的基因结构与功能、致病的物质基础及诊断方法, 使人们对病原微生物的活动规律有了更深刻的认识。相继发现了一些新的病原微生物, 如军团菌、弯曲菌、拉沙热病毒、马堡病毒及人类免疫缺陷病毒等。

在传染病的治疗方面, 新的抗生素不断被制造出来, 有效地抑制了细菌性传染病的流行。相比之下, 抗病毒药物的研究进展较慢。近年来应用细胞因子 (如白细胞介素 II、干扰素等) 治疗某些病毒性疾病已取得一定疗效。微生物产业在 21 世纪将呈现全新的局面, 因此, 微生物资源的开发与利用形成了继动、植物两大生物产业后的第三大产业。

四、食品微生物学的研究内容

1. 微生物学及其研究对象

概括地讲, 微生物学 (microbiology) 是研究微生物及其生命活动规律的学科。研究的主要内容涉及微生物的形态结构、营养特点、生理生化、生长繁殖、遗传变异、分类鉴定、生态分布以及微生物在工业、农业、医疗卫生、环境保护等各方面的应用。其目的在于充分利用有益微生物, 控制有害微生物, 使这些微小生物更好地为人类作出贡献。

2. 食品微生物学研究内容

食品微生物学 (food microbiology) 是专门研究微生物与食品之间的相互关系的一门科学, 它是微生物学的一个重要分支。食品微生物学研究的主要内容包括以下三个方面:

(1) 在食品工业中有益的微生物及其应用

这是食品微生物学的重要部分, 这部分微生物中主要涉及霉菌、细菌和酵母菌类群中的部分菌种, 它们有的是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、氨基酸等发酵生产菌); 有的是自身能改变或赋予食品独特的风味或具有益生保健作用而应用于食品的制造 (如用于各种发酵乳制品的乳酸菌、双歧杆菌, 用于各种风

味的泡菜的乳酸菌等)和日常生活用的调味品(如酱油、甜面酱、食醋等),并且随着食品微生物学研究的深入和发展,微生物在食品工业上的应用途径和范围还在不断拓展与扩大。

(2) 在食品保藏过程中引起食品变质的微生物及其控制

微生物引起的食品变质主要取决于食品的营养特点和所处的环境条件与其污染的微生物的适应性;食品原料主要来源于动、植物的组织和某些器官,正常情况下就带有许多微生物,一旦条件适应,这些微生物即可利用食品的营养成分大量生长和繁殖。在其生长和繁殖的过程中,微生物在破坏食品营养结构、感官状态的同时有的还产生有害物质,从而引起食品的变质。仅就水果和蔬菜而言,每年都有约30%是因微生物引起变质而浪费。

(3) 与食品安全有关的微生物

随着人们生活水平的提高,人们不仅对食品的色、香、味以及感官状态等有越来越高的要求,更重要的是要求食品符合食品安全标准。有些微生物是人类的致病菌,有些微生物则可产生毒素,如果人们食用了含有大量致病菌和毒素的食物,则会引起食物中毒或传染病传播。而研究这些对人体健康有害的微生物的目的就在于减少或避免有害微生物对食品的污染,控制其在食品上的生长和繁殖,并对食品进行检查和食品安全监督,以最大限度地避免和减少对人类的危害。

总之,食品微生物学的任务就是为人类提供既有益于健康、营养丰富,又保证生命安全的食品。

~思考与练习~

1. 什么是微生物?什么是微生物学?
2. 简述生物界的六界分类系统。
3. 简述微生物的生物学特征,并举例说明。
4. 食品微生物学的研究内容是什么?

第一章 微生物主要类群的形态与结构



学习目标

1. 掌握细菌、酵母菌、霉菌的细胞形态、结构及其特征。
2. 掌握细菌的芽孢、荚膜的结构和功能。
3. 掌握病毒的一般特性，噬菌体增殖及其对食品发酵工业的危害性及预防措施。
4. 掌握利用显微镜检验细菌、霉菌及酵母菌的形态特征的方法。

第一节 细菌

细菌 (bacteria) 是原核微生物的一大类群，在自然界分布广泛，种类多，与人类生产和生活的关系十分密切。

一、细菌个体形态

细菌是单细胞原核生物，即细菌的个体是由一个原核细胞组成的，一个细胞就是一个生活个体。虽然细菌种类繁多，但其基本形态可分为球状、杆状和螺旋状三种类型，分别将其称为球菌、杆菌和螺旋菌，如图 1—1 所示。

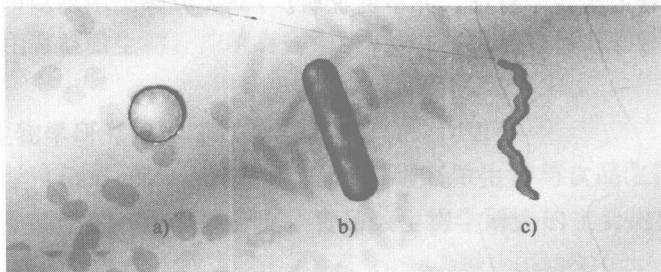


图 1—1 球菌、杆菌和螺旋菌的形态

a) 球菌 b) 杆菌 c) 螺旋菌

1. 球菌

球菌的细胞是球形或近似球形的。有的单独存在，有的连在一起。球菌分裂之后产生的新细胞常保持不同的排列方式，其形态如图 1—2 所示。具体可分为以下几种：

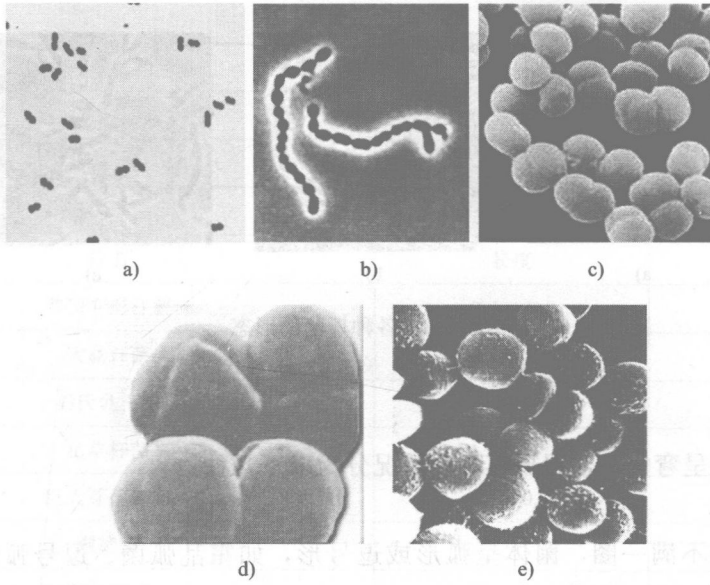


图 1—2 球菌的形态

a) 双球菌 b) 链球菌 c) 四联球菌 d) 八叠球菌 e) 葡萄球菌

(1) 单球菌

分裂后的细胞分散而单独存在的称为单球菌，如尿素微球菌等。

(2) 双球菌

双球菌分裂后两个球菌成对排列，如肺炎双球菌等。

(3) 链球菌

链球菌分裂时沿一个平面进行，分裂后细胞排列成链状，如嗜热链球菌等。

(4) 四联球菌

四联球菌沿两个相垂直的平面分裂，分裂后每四个细胞在一起呈田字形，如四联微球菌等。

(5) 八叠球菌

八叠球菌按三个互相垂直的平面进行分裂后，每八个球菌在一起呈立方体，如尿素八叠球菌等。

(6) 葡萄球菌

葡萄球菌的分裂面不规则，多个球菌聚在一起，像一串串葡萄，如金黄色葡萄球菌等。

2. 杆菌

杆菌（见图 1—3）是细菌中种类最多的类型。杆菌细胞的长度大于宽度，长的杆菌呈圆柱形，有的甚至呈丝状。短的杆菌有时接近椭圆形，几乎和球菌一样，易与球菌混淆，称为短杆菌。杆菌的形态也依菌种的不同有所差异，有的菌体呈纺锤状，有的杆菌有明显分枝。杆菌两端的不同形状常作为鉴别菌种的依据。有些杆菌一端膨大而另一端细小，形如棒状，称为棒状杆菌（如用于生产谷氨酸的北京棒状杆菌等）；形如梭状的称为梭状杆菌（如肉制品中的肉毒梭状芽孢杆菌等）。此外，菌体排列的形式也有所不同，排列成对的称为双杆菌，形成链状的称为链杆菌。

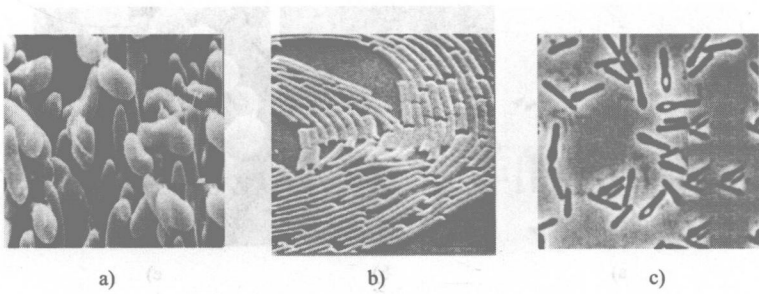


图 1—3 各种杆菌的形态

a) 短杆菌 b) 长杆菌 c) 梭状菌

3. 螺旋菌

螺旋菌细胞呈弯曲状，根据其弯曲情况分为以下几种：

(1) 弧菌

弧菌的螺旋不满一圈，菌体呈弧形或逗号形，如霍乱弧菌、逗号弧菌等；螺旋满 2~6 环，螺旋状如干酪螺菌，如图 1—4a 所示。

(2) 螺旋体

螺旋体的旋转周数在 6 环以上，菌体柔软，如梅毒密螺旋体等，如图 1—4b 所示。

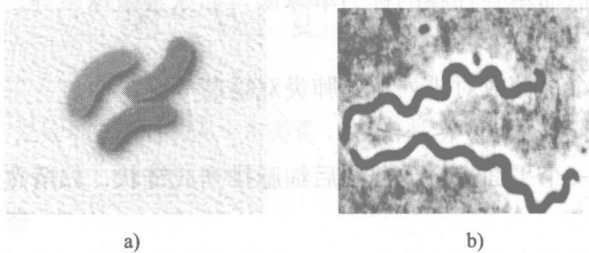


图 1—4 各种螺旋菌的形态

a) 弧菌 b) 螺旋体

细菌的形态与环境因素有关，例如，与培养温度、培养基的成分与浓度、培养的时间等有关。各种细菌一般在幼龄时和适宜的环境条件下表现出正常形态。当培养条件变化或菌体变老时，常常引起形态的改变。尤其是杆菌，有时菌体显著伸长呈丝状、分枝状或呈膨大状，这种不整齐形态称为异常形态。

二、细菌个体的大小

细菌细胞一般都很小，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放在显微镜中的显微测微尺来测量。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，则要用更小的单位纳米 (nm) 或埃 (\AA) 来表示，它们之间的关系是： $1\text{ mm}=10^3\ \mu\text{m}=10^6\ \text{nm}=10^7\ \text{\AA}$ 。

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。螺旋菌的长度是其自然弯曲状的长度来计算，而不是以其真正的长度计算的。细菌细胞的大小见表 1—1。

表 1—1

细菌细胞的大小

 μm

球菌	直径	
尿素微球菌	1.0~1.5	
金黄色微球菌	0.8~1.0	
乳链球菌	0.5~0.6	
杆菌	长度	宽度
普通变形杆菌	0.5~4.0	0.4~0.5
大肠杆菌	1.0~2.0	0.5
德氏乳杆菌	2.8~7.0	0.4~0.7
枯草杆菌	1.2~3.0	0.8~1.2
巨大芽孢杆菌	3.0~9.0	1.0~2.0
螺旋菌		
霍乱弧菌	1.0~3.0	0.3~0.6
红色螺菌	1.0~3.2	0.6~0.8
迂回螺菌	10~20	1.5~2.0

虽然细菌的大小差别很大,但一般都不超过几微米,大多数球菌的直径为 $0.20\sim 1.25\ \mu\text{m}$ 。杆菌一般为 $(0.20\sim 1.25)\ \mu\text{m}\times(0.30\sim 8)\ \mu\text{m}$,产芽孢的杆菌比不产芽孢的杆菌要大。螺旋菌为 $(0.30\sim 1)\ \mu\text{m}\times(1\sim 5.0)\ \mu\text{m}$ 。

由于细菌个体大小有很大差异,以及所用固定和染色方法不同,测量结果可能不一致。一般细菌在干燥与固定过程中,细胞会明显收缩,因此测量结果往往只能得到近似值。有关细菌大小的记载常常是平均值或代表值。

三、细菌细胞的结构

细菌的基本结构主要包括细胞壁、细胞质膜、细胞质及细胞核等部分,有些细菌还有荚膜、鞭毛和芽孢等特殊结构,如图 1—5 所示。基本结构是任何一种细菌都具有的,而特殊结构只限于某些种类的细菌才有,这是细菌分类鉴定的重要依据。

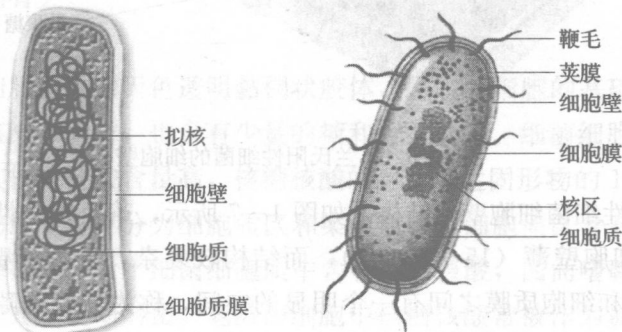


图 1—5 细菌的基本结构