

全国各类高等院校食品加工工艺专业“十三五”规划与创新系列教材



食品微生物学

◎ 主 编 徐博文 张 颖

中国商业出版社

全国各类高等院校食品加工工艺专业“十三五”规划与创新系列教材

食品微生物学

主 编 徐博文 张 颖
副主编 王超男 吕 平 王增池

中国商业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物学/徐博文, 张颖主编. — 北京: 中国商业出版社, 2016. 3

ISBN 978 - 7 - 5044 - 9310 - 1

I. ①食… II. ①徐… ②张… III. ①食品微生物 - 微生物学 - 教材 IV. ①TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 026225 号

责任编辑: 蔡凯

中国商业出版社出版发行
010 - 63180647 www. c - cbook. com
(100053 北京广安门内报国寺 1 号)
新华书店总店北京发行所经销
北京市书林印刷有限公司印刷

* * * * *

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 20.5 字数: 400 千字
2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定价: 46.00 元

* * * * *

(如有印装质量问题可更换)

前 言

近年来,随着社会经济的飞速发展,人们的生活水平不断提高,全球性食品安全问题越来越引起人们的广泛关注,特别是各国先后出现多起重大食品安全事件,食品卫生检验和食品质量监督工作在食品行业中的作用不可忽视。世界卫生组织将控制食品污染和食源性疾病列为优先重点战略工作领域。在食品生产领域中,微生物是一把锋利的“双刃剑”。有些食品的生产离不开微生物的作用,如:食醋、发酵乳、啤酒等,都是在醋酸杆菌、乳酸菌、啤酒酵母等不同种的微生物作用下,通过某种生产工艺发酵而成。但伴随食品原材料的处理、生产环境、加工过程、包装的处理等过程,都有可能产生不同程度的微生物污染,导致菌落总数、大肠菌群超标,甚至是致病菌的产生,也会给食品质量带来危害,由此引发的食品安全危害严重地影响了人们的身体健康,损害了市场秩序和经济的发展。通过食品微生物检验,可以判断食品原材料、生产加工环境及包装各个环节的卫生程度,对食品被细菌污染的程度做出正确的评价,为食品卫生质量和卫生管理措施提供科学依据,有效地防止或者减少食源性疾病的发生,保障人们的身体健康。所以,食品卫生微生物检验是判定食品能否食用的依据之一,是衡量食品卫生质量的重要指标之一,也是人们身体健康的食品安全保障之一。

根据国际和国内卫生组织的要求和规定,食品卫生的标准在不断地更新和提高,生物技术的进步也在促使食品微生物检验技术不断地朝着快速、可靠、准确的水平发展,这些都对从事食品卫生检验的人员提出了更高的要求,对于高职院校培养相关专业的学生提出了新的学习目标和学习方法。目前国内尚缺乏一套与最新食品卫生国家标准配套的高等职业学校食品、检验相关专业学生使用的教材。为此,在安徽省第一轻工业学校的组织下,由中国商业出版社出版发行《食品微生物技术》,本书根据最新的食品卫生国家职业标准的内容,反映在企业生产实践中的最新理论和技术,遵循以学生为主体的教学理念,依据高职高专学生的学习兴趣和认知规律,侧重于学生从事食品卫生行业的岗位技术技能,采用项目化学习情境的形式编写而成。本书既可作为高等职业学校相关专业的教学用书,也可作为食品企业从事微生物检验工作的技术人员参考用书。

本书参编人员全部为高职院校一线在职教师或食品企业质量管理人员，具有丰富的理论知识和实践经验。在编写过程中，我们结合当前职业院校教学改革成果，在内容方面既重视微生物基本理论知识的系统性，又突出重点技术的应用和技能操作实例，依据国家职业标准，编纂经典的项目化案例，既保持技术的更新，又做到技能的适用。本书主要介绍了食品微生物的主要类群、生长和培养规律、鉴别的主要特征和方法、微生物在食品工业中的应用、微生物引起的食品污染与腐败变质、微生物与食品卫生、综合实训等。

本书由徐博文、张颖担任主编，王超男、王增池、吕平任副主编，是在安徽省第一轻工业学校（徐博文、王超男）、天津职业大学（张颖、吕平）等单位从事教学和研究工作的老师和专家们的共同参与下完成的。编写分工如下：张颖编写绪论，和学习情境一、四、八，王蕾编写学习情境二，王芳编写学习情境三，吕平编写学习情境五，王超男编写学习情境六，徐博文编写学习情境七、九，杨永清编写学习情境十，王增池编写学习情境十一。

由于编者水平有限，不当之处在所难免，恳请读者多提宝贵意见。

编 者
2016 年 3 月

目 录

学习情境一 食品微生物工作的认知	(1)
项目一 微生物检验工作的认知	(3)
项目二 食品微生物检验工作的认知	(75)
学习情境二 微生物基础技术训练	(77)
项目一 显微镜检技术	(78)
项目二 制片技术	(87)
项目三 灭菌技术	(91)
项目四 培养基的制备	(97)
项目五 微生物的接种技术	(107)
项目六 微生物的测微技术和计数技术	(111)
学习情境三 食品微生物基础技术训练	(119)
项目一 菌种的保藏技术	(120)
项目二 菌种的培养	(123)
项目三 培养基的配置	(125)
项目四 菌种生长曲线的绘制	(131)
学习情境四 食品微生物检验技术	(135)
项目一 食品微生物检验总则	(136)
项目二 食品微生物检验的程序	(143)
项目三 食品菌落总数的测定	(154)
项目四 大肠菌群的测定	(160)
项目五 金黄色葡萄球菌的测定	(167)
学习情境五 生活饮用水的微生物检测	(175)
项目一 生活饮用水中菌落总数的测定	(176)
项目二 生活饮用水中总大肠菌群的测定	(178)

学习情境六 乳类食品微生物的检测	(182)
项目一 鲜乳中的微生物及其检验	(183)
项目二 消毒乳中的微生物及其检验	(193)
项目三 乳制品中的微生物及其检验	(195)
学习情境七 肉类食品微生物的检测	(201)
项目一 鲜肉中的微生物及其检验	(202)
项目二 冷藏肉中的微生物及其检验	(209)
项目三 肉制品中的微生物及其检验	(211)
学习情境八 蛋类食品微生物的检测	(215)
项目一 鲜蛋食品微生物的检测	(217)
项目二 皮蛋食品微生物的检测	(224)
学习情境九 微生物在发酵食品中的应用	(228)
项目一 细菌在食品制造中的应用	(229)
项目二 酵母菌在食品制造中的应用	(238)
项目三 霉菌在食品工业中的应用	(243)
项目四 微生物菌体食品	(247)
学习情境十 微生物与食品变质	(249)
项目一 微生物引起的食品变质原因	(250)
项目二 微生物引起的各类食品的腐败变质	(254)
项目三 食品变质带来的危害	(268)
学习情境十一 微生物与食品卫生	(296)
项目一 食品的微生物污染	(297)
项目二 食物中毒性微生物及其引起的食物中毒	(300)
项目三 常见致病微生物	(312)
项目四 食品卫生与食品卫生标准	(315)



1. 食品微生物主要种类的形态、结构特征。
2. 食品微生物主要种类的分类、群体特征。

1. 了解食品微生物检验的意义和 workflow 及主要内容;
2. 掌握食品检验中的主要菌种;
3. 掌握食品微生物检验的镜检技术。

1. 食品微生物的主要种类及其形态;
2. 食品微生物检验的染色、镜检技术。

不同食品微生物的菌落特征。

案例回放 1

《汕头都市报》2004年6月21日报道：从2004年6月14日下午4时起，广东省梅州市人民

医院先后收治了9名食物中毒病人,多数为少年儿童,其中最小的是才7岁的小男孩。至15日傍晚,出现类似食物中毒症状的病人已达上百人之多。据悉,这些病人是吃了梅城一家“艺术”蛋糕店近日生产的蛋糕发病的。从14日至17日,先后有124人出现程度不同的中毒症状。后经有关卫生专家深入调查发现,该厂生产的“三明治”蛋糕主要成分为鸡蛋、色拉油、糖等,同时还使用了一种沙拉酱原料。工人在破壳打蛋过程中没有将鸡蛋外壳清洗消毒,致使沙拉酱被鸡蛋外壳上的沙门氏菌污染。被污染后的沙拉酱存放又超过了10小时,使得沙门氏菌大量繁殖。“三明治”蛋糕使用了这批被污染的沙拉酱,从而引发了这次大规模中毒事件。

案例回放2

《南方日报网络版》2006年4月13日报道:2006年4月12日下午,广东广州中医药大学大学城校区多名学生出现呕吐、腹泻症状。据了解,中毒的学生曾在11日吃过食堂的鸡饭和鸭饭。12日起,先后有数十名学生出现呕吐、腹泻、头晕和发烧等症状。截至4月13日,广州中医药大学和广东药学院两校入医院的学生超过百人。在54名有中毒症状的学生中,有47名是广州中医药大学大学城校区的学生,其余7名是广东药学院的学生。事发后,学校食堂的鸡饭和鸭饭停止销售。经调查,此事件被确认为由沙门氏菌引起的食物中毒。造成食物中毒的主要原因是广州中医药大学大学城校区第二饭堂盛装食品的容器、分切熟食的砧板等工具没有按规定进行消毒。4月10日和11日这两天恰逢广州气温高,细菌繁殖快,4月11日向学生供应的午餐、晚餐中,饭堂食品受到了容器和砧板上肠炎沙门氏菌的污染。番禺区卫生监督所对这一饭堂做出了吊销卫生许可证和罚款5万元的处理。

案例回放3

新华网2006年9月1日报道:匈牙利西部城市索姆包特海伊一家点心厂专门制作核桃点心,供应给3家福利院做福利餐,还供该市一家点心店出售。2006年8月20日,约有700人食用了该点心厂被污染的点心,其中一些进餐者食用后出现恶心、腹泻症状。在随后十多天中,出现感染症状的人数不断增加,从最初的100多人上升至405人,有4人死亡。卫生部门检查发现,点心厂的两名工作人员携带有沙门氏菌,最终确定点心被沙门氏菌污染。从以上案例可以看出,食品卫生微生物检验的意义重大,它是衡量食品卫生质量的重要指标之一,也是判定被检食品能否食用的科学依据之一。通过食品微生物检验,可以判断食品加工环境及食品卫生环境,能够对食品被细菌污染的程度作出正确的评价,为各项卫生管理工作提供科学依据,提供传染病和人类动物和食物中毒的防治措施。食品微生物检验可以有效地防止或者减少食物中毒人畜共患病的发生,保障人民的身体健康;同时,它对提高产品质量,避免经济损失,保证出口等方面具有政治上和经济上的重要意义。

◆讨论

1. 食品卫生微生物检验有什么意义?
2. 沙门氏菌是哪种微生物?

项目一 微生物检验工作的认知

微生物在我们的生活中无处不在,在食品工业中的应用也有悠久的历史。五千年前,我国劳动人民酿酒、酿醋、制造酱油都是与微生物分不开的。古代劳动人民用谷物制作出了一种叫酒曲的原料,在酿酒过程中,将生长了微生物的谷物称为曲,曲中含有大量的霉菌和酵母,分别起着对谷物进行糖化和酒精发酵的作用,用这种曲可以酿酒。在制曲技术发展的漫长过程中,分化出专用于酿醋、制酱的曲。利用醋酸细菌使酒精进一步氧化成醋酸就是酿醋的过程;制酱则是利用曲中的米曲霉产生的蛋白酶,把豆类、肉类等食品中大量含有的蛋白质分解成氨基酸等水解产物。在现代,我们通过乳酸菌进行乳酸发酵而生产出酸奶,利用酵母发酵做成面包、馒头、啤酒和葡萄酒。乳酸菌、醋酸细菌、霉菌和酵母菌都属于微生物。微生物的种类还有其他很多,用途也很广泛。除了食品方面,还有在医药领域,十分重要的抗生素也是从放线菌等代谢产物中筛选出来。放线菌也属于微生物。此外,在环保领域降解塑料、处理废水废气等等,也和很多微生物的作用密不可分。即使在我们的体内,也存在着大量的菌群维持身体的生态平衡,这也是微生物。

任务一 微生物的认知

微生物 microbe, microorganism

(一) 微生物的定义及分类

微生物是指一切肉眼看不到或看不清楚的一群微小生物的总称,一般需要借助显微镜来观察研究,有的甚至用电子显微镜放大数万倍、上百万倍才能看清。举例来说,微生物中的某种细菌,1000个叠加在一起只有句号那么大,80个球菌“肩并肩”地排列成横队,也只是一根头发丝的宽度。微生物个体微小(直径小于0.1毫米),构造简单,包括细菌、病毒、真菌以及一些小型的原生生物、显微藻类等在内的一大类生物群体。它们是这个星球最早的居民,有单细胞,多细胞,还有一些微生物甚至连一个细胞都不是,只是由蛋白质和(或)核酸组成的不能独立生活的大分子生物。它们是一群地球上最低等的生物。根据存在环境的不同分为土壤微生物、空间微生物、空气微生物、肠道微生物、海洋微生物等。它们个体微小,但在维持生物圈和为人类提供众多未开发的资源方面发挥着重要的作用。微生物应用领域日益拓展,与人类日常生活、健康非常密切,工业应用日益广泛。

综上所述,给微生物下一个比较恰切的定义,则可以表述为:微生物是指所有形体微小,单细胞或结构简单的多细胞,或没有细胞结构的一群最低等的生物。

整个微生物家族的成员包括三大类:原核细胞类微生物、真核细胞类微生物和非细胞类微生物。现分述如下:

1. 原核细胞类微生物

(1) 细菌(bacteria)

细菌中既有人类的“敌人”,也有“伙伴”。导致疾病、残害人命的病原菌是细菌的一部分,但大多数细菌能给我们带来很大的好处,生产醋酸、酸奶、味精,积累氮肥、净化环境都离不开细菌。如用于酿醋的醋酸杆菌;使牛奶变酸的乳酸杆菌;生产味精的谷氨酸短杆菌;生产

淀粉酶的枯草芽孢杆菌等。细菌是一类构造简单的单细胞生物，个体极小，必须用显微镜才能观察得到。它没有成型的细胞核，只有一些核质分散在原生质中，或以颗粒状态存在细菌的种类繁多，而且分布极广，地球上从1.7万米的高空，到深度达1.07万米的海洋中到处都有细菌的踪影。在人体内，也有细菌，如肠道内的大肠杆菌、皮肤上的葡萄球菌。

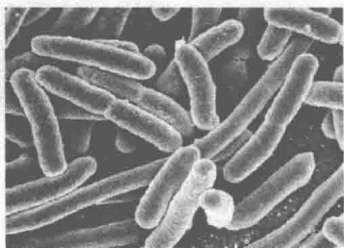


图 1-1a 大肠杆菌

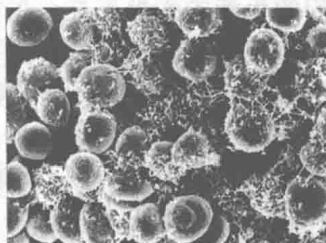


图 1-1b 葡萄球菌

(2) 放线菌 (actinomycetes)

放线菌普遍分布于土壤，其中大多是腐生菌，少数是某些植物的共生菌和动物及植物的寄生菌，能引起人、动物和植物的病害。如疮痂病链霉菌是甜菜疮痂病的病原菌，诺卡氏菌能引起人和家畜的皮肤病和肺部感染，放线菌具有特殊的土霉味，能使水和食物变味，有的放线菌也能使棉、毛、纸张等霉坏。但是，放线菌同时也对人类做出了很多贡献，世界上已发现的2000多种抗菌素中，约有56%是由放线菌所产生的，而抗菌素又占目前临床所用西药的半数以上，可见放线菌在医药工业上的重要性。不仅如此，放线菌目前还应用于生产农用抗菌素、维生素及酶制剂等。放线菌呈丝状生长，营养菌丝为单细胞，以孢子繁殖的一类原核生物，一般要采用也要在显微镜下观察得到。如生产链霉素的灰色链霉菌，生产红霉素的红色链霉菌。

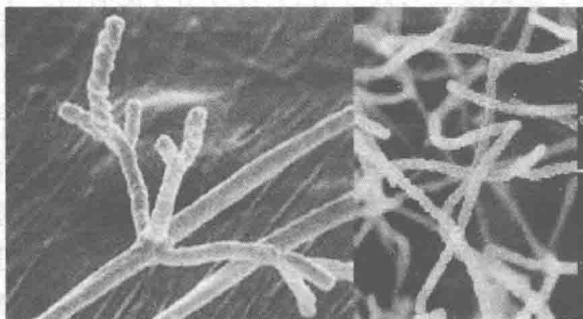


图 1-2 灰色链霉菌

(3) 蓝细菌

蓝细菌(cyanobacteria)旧称蓝藻或蓝绿藻。呈单细胞、非丝状群体或丝状体的大型原核生物，能进行产氧光合作用。在地球历史的演化过程中起到过关键性作用，正是它们借助光合作用的力量造就了一个富含氧气的大气层，从而为其他生命体的出现创造了条件。它们还通过共生演化形成了植物体内的叶绿体，从而让植物可以进行光合作用。如发菜念珠蓝细菌，盘状螺旋蓝细菌(螺旋藻)等。

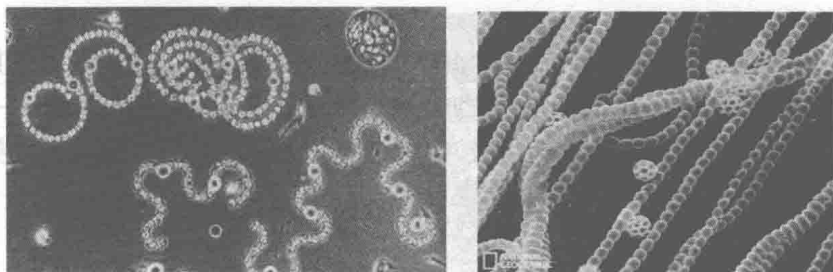


图 1-3 发菜念珠蓝细菌

(4) 支原体

支原体 (mycoplasma) 是一类不具细胞壁的最小型原核生物, 为目前发现的最小的最简单的原核生物。细胞中唯一可见的细胞器是核糖体, 支原体的基因组多为双链 DNA, 散布于整个细胞内没有形成的核区或拟核。支原体的大小为 $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$, 可通过滤菌器, 常给细胞培养工作带来污染的麻烦。菌落小 (直径 $0.1 \sim 1.0 \text{mm}$), 在固体培养基表面呈特有的“油煎蛋”状。许多支原种类是致病菌。如肺炎支原体、生殖道支原体等。肺炎支原体的一端有一种特殊的末端结构, 能使支原体粘附于呼吸道黏膜上皮细胞表面, 与致病性有关。

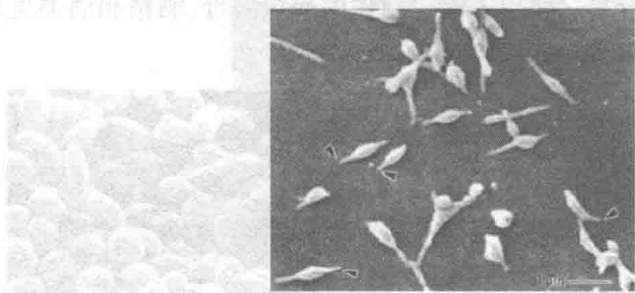


图 1-4 肺炎支原体

(5) 立克次氏体

立克次氏体 (rickettsia) 是一类专性寄生于真核细胞内的 G- (革兰氏阴性菌) 原核生物。立克次氏体是 1909 年美国病理学副教授立克次 (Howard Taylor Ricketts, 1871 - 1910) 在研究落基山斑疹热时首先发现的。一般不能通过细菌滤器, 是介于细菌与病毒之间, 而接近于细菌的一类原核生物。不能独立生活, 一般呈球状或杆状, 专性寄生于真核细胞内, 是某些人类传染病的病原体。如斑疹伤寒立克次氏体、恙虫热立克次氏体等。



图 1-5 立克次氏体

(6) 衣原体

衣原体(chlamydia)是一类能通过细菌滤器,在细胞内寄生,有独特发育周期的原核细胞性微生物。多呈球状、堆状,无细胞壁,有细胞膜,属原核细胞,直径只有0.3-0.5微米,它无运动能力,广泛寄生于人类、哺乳动物及鸟类,仅少数有致病性。能引起人类疾病的有沙眼衣原体、肺炎衣原体、鹦鹉热衣原体。

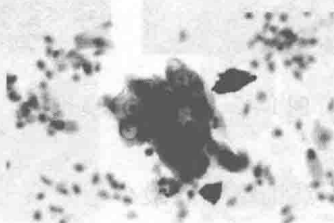
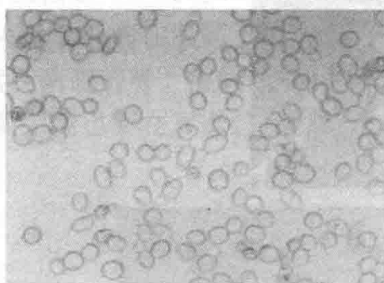


图 1-6 衣原体

2. 真核细胞类微生物

(1) 酵母菌

酵母菌(yeast)是单细胞真菌,能发酵糖类,是一类最低等的真核生物。一般用高倍镜(400~600倍)观察其个体细胞形态。如用于面包制作的面包酵母、酒精和酒类生产用的酿酒酵母、石油制品脱蜡用的假丝酵母等。



1-7a 酿酒酵母的光学显微镜观察

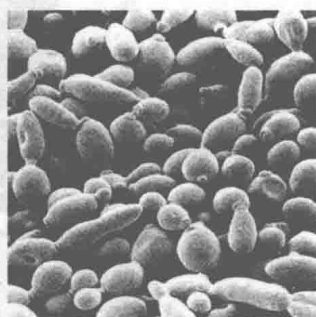


图 1-7b 酿酒酵母的扫描电镜观察

(2) 霉菌

霉菌(mould, mold)是引起物品霉变的丝状真菌,单细胞或多细胞真核生物。可用低倍或高倍镜观察其个体形态。如酿制小曲酒的根霉菌,制造豆腐乳的毛霉菌,生产葡萄糖的曲霉菌,生产青霉素的青霉菌等。



图 1-8 肉眼观察番茄表面的霉菌

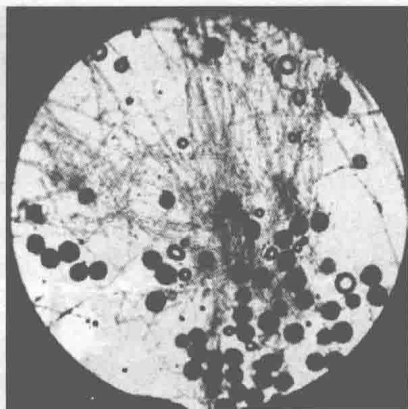


图 1-9 显微镜观察下的霉菌



图 1-10 电镜下观察的青霉菌及其孢子

(3) 蕈菌

蕈菌(mushroom),是指能形成大型的子实体或菌核组织的高等真菌类的总称。又名伞菌或担子菌,与 macrofungi 同义。如蘑菇、香菇、草菇、平菇、木耳、银耳等食用菌,以及灵芝、云芝、猴头等药用菌。蕈菌生长在基质上或地下,子实体的大小足以让肉眼辨识和徒手采摘。



图 1-11 红菇

(4) 藻类

藻类(algae)是单细胞或单细胞的聚合体,进行光合作用并产生氧气的一类真核生物。如微星鼓藻、团藻、栅藻等。主要水生,无维管束,能进行光合作用。体型大小各异,小至长1微米的单细胞的鞭毛藻,大至长达60米的大型褐藻。

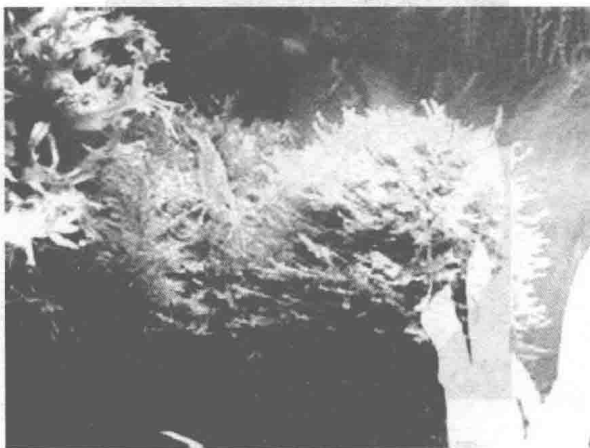


图 1-12 藻类

(5) 原生动物

原生动物(protozoan)个体微小,无真正细胞壁,具运动性,是吞噬营养的单细胞真核生物。如阿米巴、纤毛虫、鞭毛虫等。

3. 非细胞类微生物

(1) 真病毒

真病毒(euvirus)以活细胞内专性寄生(感染态)或以无生命的生物大分子(非感染态)两种形式存在,是由核酸和蛋白质组成的超显微的非细胞生物。如人类病毒有:流感病毒、肝炎病毒、艾滋病毒(HIV)等;动物病毒有:腺病毒、鸡瘟病毒、口蹄疫病毒等;植物病毒有:烟草花叶病毒、番茄丛矮病毒等;原核生物病毒有:噬菌体。

(2) 亚病毒

亚病毒(subvirus)是只含核酸和蛋白质两种组分的其中一种的生物大分子病原体。包括类病毒(只含RNA,专性活细胞内寄生)、拟病毒(仅由裸露核酸组成,包裹于真病毒粒中)、朊粒(不含核酸的传染性蛋白质微粒)等。

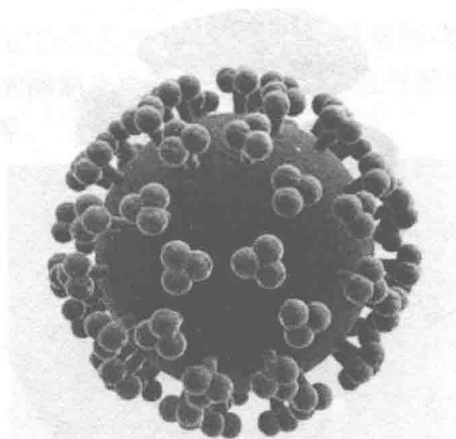


图 1-13 流感病毒

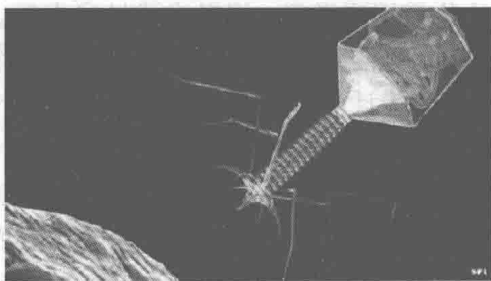


图 1-14 噬菌体

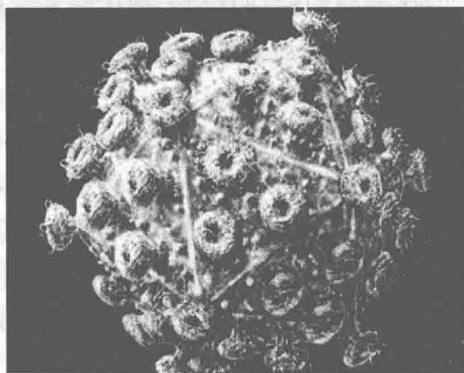


图 1-15 艾滋病病毒(HIV)

微生物世界中的成员确实是阵容庞大，姿态万千，芸芸众生，各有特色。其中原核生物中的细菌，真核生物中的酵母菌、霉菌，是食品行业中检验的主要微生物，也是本书讨论的重点。

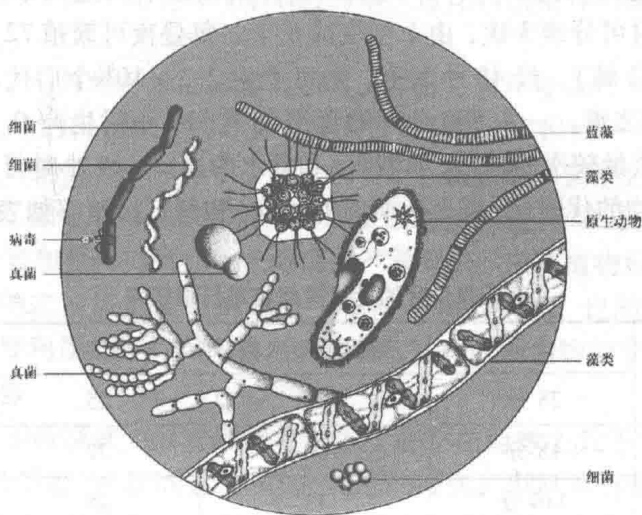


图 1-16 微生物世界

(二)微生物的特点

1. 体积小，面积大

微生物的个体都非常微小，必须借助显微镜才能看到，甚至电子显微镜把它们放大几十

到几万倍才能看到。测量微生物需用测微尺，用微米或纳米表示。细菌以微米(μm)为计量单位，1500 个杆菌首尾相接等于一粒芝麻的长度，10 亿到 100 亿个细菌的重量才能达到 1 毫克；病毒比细菌还小，用纳米(nm)为计量单位。在微生物世界，个体最小的是类病毒和朊病毒，它们比病毒还小将近 100 倍。

我们知道，把一定体积的物体分割得越小，它们的总表面积就越大，物体的表面积和体积之比称为比表面积。如果把人的比表面积值定为 1 (人的比表面积值 = 人的面积/体积)，则大肠杆菌的比表面积值 (大肠杆菌的比表面积值 = 大肠杆菌的面积/体积) 竟高达 30 万。如此一个小体积特大面积的系统是微生物与一切大型生物相区别的关键所在，也是发酵工业飞速发展的关键所在，这样大的比表面积特别有利于微生物和周围的环境进行物质、能量、信息的交换。微生物的许多特性都与这一特点密切相关。

2. 吸收多，转化快

微生物的食谱非常广泛，凡是动植物能利用的营养，微生物都能利用，大量的动植物不能利用的物质，甚至是剧毒的物质，微生物照样可以视为美味佳肴。其食谱之广是动植物完全无法相比的，纤维素、木质素、几丁质、角蛋白、石油、甲醇、甲烷、天然气、塑料、酚类、氰化物、各种有机物均可被微生物作为粮食。如大肠杆菌在合适条件下，每小时可以消耗相当于自身重量 2000 倍的糖，而人体则需要 40 年之久。发酵乳糖的细菌在 1 小时内就可以分解相当于其自身重量 1000 ~ 10000 倍的乳糖，产生乳酸；1 公斤酵母菌体，在一天内可发酵几千公斤的糖，生成酒。生物界的普遍规律：某生物个体越小，其单位体重消耗的食物越多；从单位重量来看，微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度大几千倍到几百万倍。这一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条件。

3. 生长旺，繁殖快

微生物以惊人的速度“生儿育女”。例如大肠杆菌在合适的生长条件下，12.5 ~ 20 分钟便可繁殖一代，每小时可分裂 3 次，由 1 个变成 8 个。每昼夜可繁殖 72 代，由 1 个细菌变成 4.7×10^{21} 个 (重约 4722 吨)。经 48 小时后，则可产生 2.2×10^{43} 个后代，如此多的细菌的重量约等于 4000 个地球之重。一头 500 公斤的食用公牛，24 小时生产 0.5 公斤蛋白质，而同样重量的酵母菌，以质量较次的糖液 (如糖蜜) 和氨水为原料，24 小时可以生产 50000 公斤优质蛋白质。若干微生物的代时 (分裂 1 次所需的时间) 和每日增殖率如表 1-1 所示。

表 1-1 若干微生物的世代时间和每日增殖率

微生物名称		代时	每日分裂次数	温度 $^{\circ}\text{C}$	每日增值率
细菌	乳酸菌	38 分	38	25	2.7×10^{11}
	大肠杆菌	18 分	80	37	1.2×10^{24}
	根瘤菌	110 分	13	25	8.2×10^3
	枯草杆菌	31 分	46	30	7.0×10^{13}
	光合细菌	144 分	10	30	1.0×10^3
酿酒酵母		120 分	12	30	4.1×10^3