

食品生物污染 控制与检验

食品检验培训教材编写组 编

中国计量出版社

食品生物污染控制与检验

食品检验培训教材编写组 编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品生物污染控制与检验/食品检验培训教材编写组编.—北京:中国计量出版社,2001.9
ISBN 7-5026-1541-5

I.食... II.食... III.①食品安全—微生物—污染控制②食品检验:微生物鉴定
IV.TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 063559 号

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 14.5 字数 296 千字

2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

*

印数 1—2500 定价: 100 元

编委会名单

主 编 宋明昌

副 主 编 孙田田 王大宁 李朝伟 李晓岚

顾 问 吴仲梁

责任编辑 唐光江 张艺兵 李伟才

编 委（按姓氏再排）

吴仲梁 李朝伟 唐光江 张艺兵

顾邵平 施伟良 蒋 原 张振祥

李伟才 高永丰 陶 军 寇运同

马超英 韩秀东

编写人员（按姓氏再排）

寇运同 李 红 唐丹舟 蒋鲁岩

李远钊 施伟良 蒋 原 李伟才

高永丰 陶 军 管 征 顾 明

周晓红 白玉良 虞 跃 孔繁明

张洪卫 张振祥 张 树 朱洪飞

冷连波 韩 伟 张树宏 陈光哲

姚 霞 孙 莉 陈春芝 林修光

贾 珍 张 锐

前 言

“民以食为天”，当今，随着世界科学技术日新月异的发展和人类物质生活的不断改善，人们普遍提高了对食品安全卫生质量的意识和要求，为此世界各国政府也相应加强了对有关食品安全卫生控制的关注，并制定了许多有关食品安全的强制性法律法规，以减少和杜绝在食品加工过程中可能存在或出现的危害因素；保证食品进入流通领域或到达消费者手中时，能将危害健康的风险降低至最小程度。在食品生产企业中推行 HACCP（危害分析和关键控制点）正是基于这一原则。

数年来我国政府对 HACCP 进行了广泛宣传，并在各层次的管理人员中做了培训，目前全国出口食品企业多数建立了以 HACCP 为基础的质量管理体系，并取得了显著成效。

在 HACCP 原理中，食品的生物污染是危害分析和控制的重点。为帮助政府执法人员、企业管理人员以及食品加工和检验人员掌握微生物学基本知识和检验与控制基本技术，我们参考了美国 FDA 食品微生物学控制培训教材，由国家出入境检验检疫局组织编写了《食品生物污染控制与检验》培训教材和音像教学片。

这套培训教材和音像教学片适合于从事食品加工、管理、检验和监管人员使用，目的是通过本教材的学习，能了解微生物基础知识以及食源性细菌病原体对人类健康的危害，通过本教材和音像教学片，对如何进行检验和控制有一个直观的了解，以便更好地指导食品生产加工，同时对一般的加工人员也可以提高其食品安全卫生意识。

当今生物技术、分子生物学和计算机科学迅猛发展，并在各学科领域中相互渗透和融合，针对这一特点，在本教材内容中，我们介绍了当前国际上微生物检验新技术的发展动向，以及已通过有关国家官方认可的食品病原菌快速检测的一些仪器设备和试剂盒，以供各有关实验室参考和引用。

这套培训教材还补充介绍了其他一些对人类健康有害的生物，如病毒和寄生虫以及某些天然毒素，以使大家能够更多地了解除细菌以外的其他生物危害。

在教材的编写过程中得到了国家局卫生监管司、上海出入境检验检疫局、山东出入境检验检疫局、江苏出入境检验检疫局、浙江出入境检验检疫局、河北出入境检验检疫局、天津出入境检验检疫局、中国商检研究所等有关单位的领导和同志们的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，教材中难免存在不当之处，请读者谅解。

食品检验培训教材编写组

2001年3月

目 录

第一章 微生物学基础	1
第一节 微生物学概论	1
第二节 微生物的形态结构	2
第三节 微生物的生态	6
第四节 微生物的营养与代谢	8
第五节 微生物的生长与繁殖	11
第六节 影响微生物生长与死亡的因素	13
第七节 微生物的传染与免疫	17
第二章 微生物检验技术	21
第一节 显微技术	21
第二节 染色技术	24
第三节 灭菌和消毒	28
第四节 培养基制备技术	31
第五节 接种、分离纯化和培养技术	34
第六节 微生物常规鉴定技术	40
第七节 无菌取样	47
第八节 细菌学诊断新技术	53
第三章 食源性病原菌	67
第一节 沙门氏菌	67
第二节 志贺氏菌	80
第三节 肠杆菌科	87
第四节 埃希氏大肠杆菌	90
第五节 耐热大肠菌群	93
第六节 出血性大肠杆菌	95
第七节 金黄色葡萄球菌	98
第八节 溶血性链球菌	100
第九节 粪链球菌	103
第十节 肠球菌	105
第十一节 单核细胞增生李斯特氏菌	107
第十二节 弯曲菌属	111
第十三节 耶尔森氏菌	116
第十四节 致病性弧菌	120
第十五节 蜡样芽胞杆菌	124
第十六节 产气荚膜梭菌	128
第十七节 亚硫酸盐还原菌	132
第十八节 肉毒梭菌	136

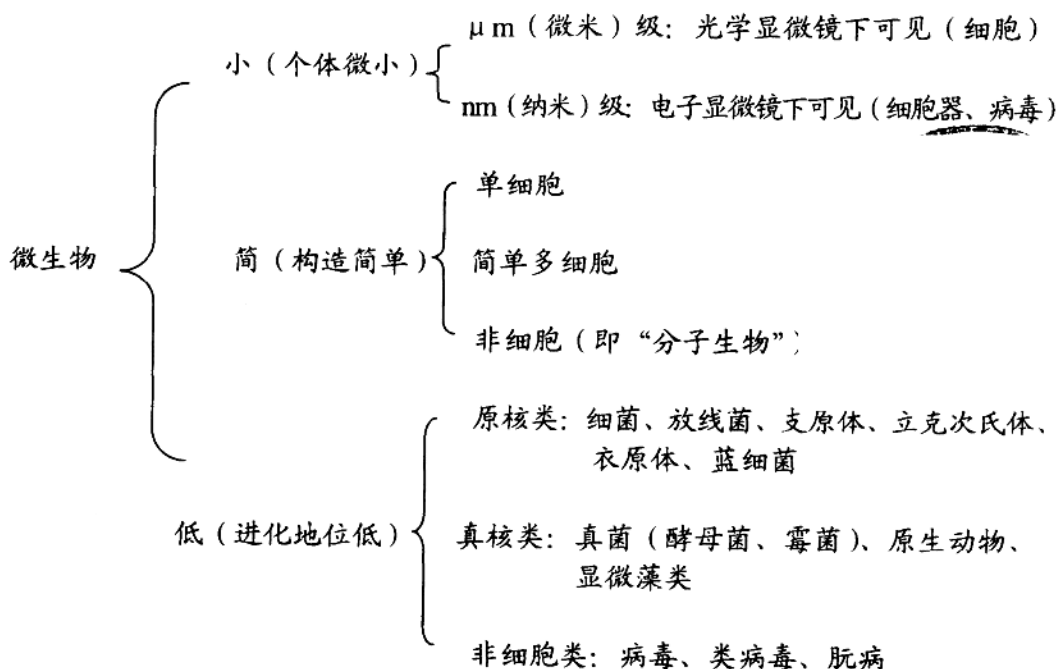
第四章 食品微生物污染控制	141
第一节 通过水分活度、pH、化学物质及包装控制	141
第二节 通过冷藏和冷冻控制	147
第三节 通过热处理控制	151
第四节 微生物控制的新技术	157
第五节 良好操作规范	165
第六节 清洗和消毒	169
第五章 其他与食品污染有关的病毒、寄生虫和天然毒素	173
第一节 病毒	173
第二节 寄生虫	175
第三节 天然毒素	179
附录一 食品加工厂的卫生控制	182
附录二 出口食品生产厂卫生细菌检验方法	185
附录三 化验室建设基本要求	189
附录四 沙门氏菌检验设备和材料	193
附录五 肠杆菌科	204
附录六 肠球菌	211
附录七 弯曲杆菌	214
附录八 疯牛病 (Bovine Spongiform encephalopathy)	216

第一章 微生物学基础

第一节 微生物学概论

一、什么是微生物

微生物 (microorganism, microbe) 是一切肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。它们是一些个体微小 ($<0.1\text{mm}$)、构造简单的低等生物, 包括属于原核类的细菌、放线菌、支原体、立克次氏体、衣原体和蓝细菌 (过去称蓝藻或蓝绿藻), 属于真核类的真菌 (酵母菌和霉菌)、原生动物和显微藻类, 以及属于非细胞类的病毒、类病毒和朊病毒等, 现表示如下:



二、微生物学及其学科

微生物学是在细胞、分子或群体水平上研究微生物的形态构造、生理代谢、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动基本规律, 并将其应用于工业发酵、医学卫生和生物工程等领域的科学, 其根本任务是发掘、利用和改善有益微生物, 控制、消灭或改造有害微生物。微生物学有许多分科, 现概括如下。

(一) 依照研究微生物的基本生命活动规律为目的来分

总学科可称为普通微生物学 (General Microbiology) 或微生物生物学 (Biology of Microorganisms), 其分支学科主要有: 微生物形态学、微生物分类学、微生物生理学、微生物生物化学、微生物遗传学、微生物生态学以及分子微生物学等。

(二) 依照微生物的应用领域来分

其总学科可称应用微生物学 (Applied Microbiology), 其分支学科有: 工业微生物学、农业微生物学、植物病理学、医学微生物学、药用微生物学、兽医微生物学、抗生素、食品微生物学、酿造学以及乳品微生物学等。

(三)依照所研究的微生物对象来分

可分为细菌学、真菌学、病毒学、噬菌体学、原生动物学、藻类学、支原体学、自养菌生物学以及异养菌生物学等。

(四)依照微生物所在的生态环境来分

可分为土壤微生物学、海洋微生物学、环境微生物学、宇宙微生物学以及水微生物学等。

(五)依照实验技术操作来分

可分为实验微生物学等。

(六)依照微生物学与其他学科间的交叉情况来分

这是一类具有旺盛“杂交优势”的新兴边缘学科, 具有强大的生命力。例如分析微生物学、化学微生物学、微生物化学分类学 (Microbial Chemotaxonomy), 微生物数值分类学 (Microbial Numerical Taxonomy) 以及微生物地球化学等。

三、微生物的共性

微生物由于其体型都极其微小, 因而带来了以下的五个共性, 即体积小、面积大; 吸收多、转化快; 生长旺、繁殖快; 适应强、易变异; 分布广、种类多。

第二节 微生物的形态结构

一、原核生物

原核生物包括细菌、放线菌、蓝细菌和一些其他类型如立克次体衣原体和支原体等。原核生物最主要特征是原始的核, 即没有由核膜包围的核结构, 核物质是没有结合蛋白质的裸露的环状 DNA, 高度盘绕存在于细胞内一个或几个区域内。

原核生物个体小, 结构简单, 没有细胞器的分化, 因而细胞膜是原核生物的生命活动的基本结构。绝大多数原核生物有细胞壁, 细胞壁的基本结构是肽聚糖。原核生物一般是通过二分分裂方式进行繁殖。

原核生物的营养类型多样, 有自养或异养, 有化能或光能, 有好氧、厌氧或兼性厌氧。

(一)细菌

细菌是一类细胞细而短 (细胞直径约 $0.5\sim 5\mu\text{m}$)、结构简单、细胞壁坚韧、以二等分裂方式繁殖和水生性较强的原核微生物, 分布广泛。

1. 细菌细胞形态

细菌细胞形态主要有三种基本类型，即球状、杆状和弯杆状。分别称为球菌、杆菌、弧菌和螺旋菌。

2. 细菌细胞结构

由于细菌细胞壁结构和化学组成不同，根据革兰氏染色结果，将细菌分为两大类，即革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌。绝大多数细菌细胞都有细胞壁、细胞膜和细胞核，某些细菌还具有荚膜、芽胞、鞭毛和菌毛等特殊结构。有些细菌还有细胞内含物，如光合细菌具有气泡。它们的存在可作为鉴定细菌种的依据。图 1-1 是细菌细胞模式图。

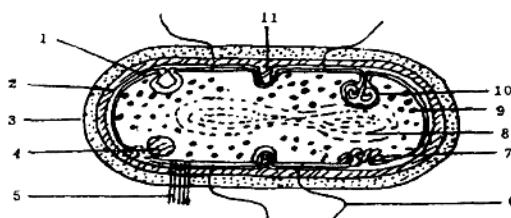


图 1-1 细菌细胞模式图

1—细胞质膜；2—细胞壁；3—荚膜；4—异染颗粒；5—菌毛；
6—鞭毛；7—色素体；8—核；9—核糖体；10—中体；11—横隔壁

3. 培养特征

细菌在适宜的培养条件下，会表现出该菌种特有的菌落特征，可作为鉴定细菌种的依据。

(二) 放线菌

放线菌是有分支丝状体原核生物。最基本特点都和细菌相同，因为最早发现的放线菌（*Actinomyces*）菌落是放射状的，因而得名。

1. 形态与构造

大多数放线菌是由分支菌丝组成丝状体，菌丝大多无横隔膜，菌丝较细，革兰氏染色阳性。放线菌的菌丝依据形态和功能的不同，可以分为基内菌丝、气生菌丝和孢子丝。

(1) 基内菌丝

又称营养菌丝，主要功能是伸入培养基内吸收营养物。可以产生多种色素，使基内菌丝具有不同颜色。

(2) 气生菌丝

较基内菌丝粗，有直形或弯曲状等不同形态，也可以产生多种色素。

(3) 孢子丝

放线菌生长到一定阶段，其气生菌丝分化成孢子丝。孢子丝上产生孢子。孢子丝的形状、在气生菌丝上的排列方式及分泌的色素种类随菌种而异。孢子常有颜色。

放线菌的菌丝形态、色素、孢子丝及孢子形态等特性都是放线菌菌种鉴定的依据。

2. 培养特征

放线菌在固体培养基上菌落形态，主要取决于菌丝的生长情况，随菌种的不同而有很大差异。在孢子丝形成以前，放线菌菌落和细菌的菌落很相似不易区分，当大量孢子覆盖于菌落表面时，就形成絮状、粉质或颗粒状的典型的放线菌菌落。

（三）其他原核生物

1. 支原体（mycoplasma）

支原体是基因组最小（基因组仅相当于大肠杆菌的四分之一）的原核生物，在自然界分布很广。支原体没有真正的细胞壁。它有一系列特征是与缺少细胞壁有关。支原体菌体柔软表现多形态，支原体的抗性较差，主要表现为对热、低渗环境、表面活性剂等因素的敏感性，能被常用消毒剂（如石炭酸、甲醛等）灭活，对干扰蛋白质合成的抗生素（如四环素等）敏感，但对干扰细胞壁合成的抗生素（如青霉素等）有抵抗力。

对营养成分的要求高于一般细菌，培养基内应含有维生素、氨基酸、固醇、血清等富含生长因子的成分。支原体主要用二分分裂进行繁殖，有的种类通过菌体断裂，极少数用出芽方式进行繁殖。但在固体平板上都形成典型的“荷包蛋”样菌落，直径0.01~0.6mm。液体培养呈轻度混浊或有沉淀。

2. 立克次氏体（Rickettsia）

立克次氏体是多形态原核生物，有短杆状、球状，单个或成对排列，有时呈短链状或丝状。立克次氏体具有细菌全部结构特征，属于严格的细胞内寄生物。

蚤、虱、螨、蜱等是立克次氏体的宿主，并通过它们传播给人和动物。一般来说，加热、干燥、紫外线及化学杀虫剂都能迅速杀死立克次氏体。

3. 衣原体（Chlamydia）

衣原体呈圆形或椭圆形，个体很小，可以通过细菌过滤器，是细胞内专性寄生性原核生物。能被热灭活。衣原体感染的突出生物学特点是宿主和寄生物组成一个平衡状态，导致长期持续的感染。

4. 蓝细菌（Cyanobacteria）

蓝细菌含有叶绿素和其他光合色素，进行放氧型光合作用，多数蓝细菌是不分枝的丝状体，有多个单细胞连成一串，少数为球状或杆状单细胞。革兰氏染色阴性。蓝细菌是原核生物中唯一的在其细胞质中具有膜结构的生物。藻胆蛋白体（pHycobillosome）是蓝细菌类囊体的特殊结构。

二、真核微生物

主要的真核微生物分为真菌、显微菌类和原生动物。其中真菌又分为酵母菌、丝状真菌（霉菌）和大型真菌（蕈菌）。

（一）酵母菌

1. 形态构造

酵母菌细胞的形态通常有球状、卵圆状、椭圆状、柱状或香肠状等多种。

2. 菌落特征

大多数酵母菌在适宜培养基上形成的菌落与细菌的相似，但较细菌菌落大而且厚，菌落表面湿润，较光滑、有一定的透明度，易被挑起。其色多为乳白，少量呈红色。菌落质地均匀，颜色均一，菌落的颜色、光泽、质地、表面和边缘特征，均为酵母菌菌种鉴定的依据。

3. 繁殖方式

酵母菌的繁殖方式有无性繁殖和有性繁殖两种。无性繁殖又分芽殖、芽裂和裂殖，甚至可形成厚垣孢子和节孢子。有性繁殖方式是产生子囊孢子。凡具有有性繁殖的酵母称作“真酵母”。尚未发现有性繁殖的称为“假酵母”。

(二) 霉菌

1. 特点

霉菌是指那些菌丝体较发达而又不产生大型子实体的真菌，是丝状真菌的统称。常在潮湿气候下大量生长繁殖；在自然界分布极广，有较强的陆生性；在自然条件下，常引起食物、工农业产品的霉变和植物的真菌病害。

2. 形态结构

菌体均由分枝或不分枝的菌丝构成。霉菌的菌丝有两类：即无隔膜菌丝和有隔菌丝。菌丝分化为营养菌丝、气生菌丝。一部分气生菌丝发育到一定阶段分化成繁殖菌丝。霉菌菌丝细胞均由细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核、线粒体、核糖体以及内含物组成。

3. 菌落特征

霉菌的菌落和放线菌的菌落接近，形态较大，质地比一般放线菌疏松，外观干燥，不透明，在固体培养基上呈蛛网状、绒毛状或棉絮状；不易挑取；菌落边缘和中心正反面的颜色常不一致；颜色多样。

4. 繁殖方式

霉菌繁殖能力一般都很强，方式多样，主要靠无性和（或）有性孢子繁殖。

(三) 无细胞形态微生物——病毒（Virus）

1. 特点

病毒（均指“真病毒”）有这样几个特点：

- (1) 形体极其微小，必须在电子显微镜下才能观察，一般都可通过细菌滤器；
- (2) 没有细胞构造，故也称分子生物；
- (3) 其主要成分仅有核酸和蛋白质两种；
- (4) 每一种病毒只含有一种核酸，不是 DNA，就是 RNA；
- (5) 既无产能系统也无蛋白质合成系统；
- (6) 在宿主细胞协助下，通过核酸的复制和核酸蛋白装配的形式进行增殖，不存在个体的生长和二均分裂等细胞繁殖方式；
- (7) 在宿主的活细胞内营专性寄生；
- (8) 在离体条件下，能以无生命的化学大分子状态存在，并可形成结晶；

(9) 对一般抗生素不敏感, 但对干扰素敏感。

2. 形态结构

病毒的形态基本可归纳为三种: 杆状、球状和这两种形态结合的复合型。没有细胞构造, 病毒粒子的主要成分是核酸和蛋白质, 在宿主细胞协助下, 通过核酸的复制和核酸蛋白装配的形式进行增殖。病毒粒子通常形成螺旋对称、二十面体对称和复合对称。

病毒粒子是无法用光学显微镜观察的亚显微颗粒, 但当他们大量聚集在一起并使宿主细胞发生病变时, 就可以用光学显微镜加以观察。例如动、植物细胞中的病毒包涵体; 有的还可用肉眼看到, 如噬菌体的噬菌斑等。

3. 繁殖方式

病毒只有在宿主细胞里才能进行繁殖, 而且是通过复制的方式进行的。概括起来可分为吸附、侵入、脱壳、生物合成、装配与释放五个步骤。

第三节 微生物的生态

微生物由于结构简单、繁殖快、食性杂、代谢强等特点, 它们在地球上分布远比动植物要广泛得多。它们的分布具有一定的规律性。而认识这种规律性, 对于我们更多地发现微生物新种及更好地认识、利用这些微生物资源是至关重要的。

一、土壤中的微生物

在微生物能够赖以生存的不同生态环境中, 土壤是微生物生活的最适环境。在土壤中正常分布着形形色色的微生物类群。

(一) 土壤是微生物的栖息地

土壤具有微生物生命活动所必需的一切营养物质和适宜的生活条件, 素有微生物的天然培养基之称。

1. 水分

土壤中的水分是一种浓度很稀的盐类溶液, 其中含有各种有机和无机氮素及各种盐类、微量元素、维生素等, 类似于常用的液体培养基。

2. pH

土壤大多是中性偏碱, 适宜于大多数微生物生长, 就是碱性或酸性土壤中也存在相应的微生物类群。

3. 气体

土壤中的气体来源于大气, 与大气稍有不同, 主要是 CO_2 、 O_2 和 N_2 。

4. 温度

大部分地区土壤温度的变化在 $0\sim 30^\circ\text{C}$ 之间, 并且在一年的大部分时间内其温度变化在 $10\sim 25^\circ\text{C}$, 为微生物的生长繁殖提供了有利条件。

5. 固形物

土壤中含有大量固形有机物和矿物质元素，是微生物的营养库。

（二）土壤是微生物的大本营

土壤中微生物的种类、数量，因土壤类型、土层深度和季节的不同而异。在偏酸性土壤中霉菌和酵母菌较多；在偏碱性环境中细菌和放线菌较多。在通气良好的土壤中好氧性微生物较多；在通气较差的土壤中厌氧及兼性厌氧菌较多。

（三）土壤中微生物可以分为如下几类

1. 细菌：占土壤微生物总数的 70%~90%，多数为腐生菌，少数是自养菌。
2. 放线菌：占土壤中微生物含量的 5%~30%。
3. 霉菌：主要生活在靠近地面的土壤中，在通气良好的土壤中，霉菌数量很多。

4. 酵母菌：普通作物土壤中酵母菌含量很少。

另外，作物土壤中还分布有许多藻类及原生物等。

二、微生物在水中的分布

水是微生物生存的重要环境，几乎有水的自然环境都有微生物存在。水还具有微生物生命活动适宜的温度、pH、氧气等。因此，水中生长着众多的微生物类群，它们主要来源土壤、空气、动植物尸体、人和动物的排泄物、工业及生活污水。

（一）水中微生物的分布

水中存在的微生物 90%为革兰氏阴性菌，主要有弧菌、假单胞菌、黄杆菌等。鞘细菌及有柄附生细菌也常见于水体中。另外，水还是光合型微生物生活的良好环境，淡水中霉菌多于海水中。通常，水中酵母菌较少，但在深及海底 3000m 处曾发现较多的酵母菌。

微生物在水体中表现为水平分布和垂直分布的规律。此外，相同水域的不同深度，微生物的含量及分布也不同。

（二）饮用水的细菌学指数

水中微生物的含量与有机物的含量有直接关系。通过水体传播的病原微生物主要有沙门氏菌属、志贺氏菌属、霍乱弧菌等。因此，做好水的卫生学检查至关重要。

（三）水中微生物与水的自净作用

水的自净作用是指污染的水借天然的理化因素及生物因素综合作用而达到净化的过程。尽管自然水体具有自净作用，但只能净化低量污染物。若进入水体的污染物超过了水体的自净能力，则会破坏水体的生态平衡，导致污染的发生。

三、微生物在空气中的分布

空气本身缺乏微生物生活所必需的营养物，日光对微生物也具有很强的杀菌作用，另外空气一般是干燥的，因此空气不是微生物生活的良好环境。

（一）空气中微生物的来源

空气中的微生物主要来源于带有微生物菌体及孢子的灰尘，这类微生物大多数是腐生性的，还来源于人和动物，它们大多数是通过呼吸道排出的，其中也

包含有病原微生物，悬浮在大气中。

（二）空气中微生物的分布

空气中微生物的分布随环境条件及微生物的抵抗力不同而呈现不同的分布规律。空气中存在较多的、存活时间较长的是各种真菌、放线菌的孢子及细菌芽胞。空气中微生物的数目决定于尘埃的总量。

（三）空气中微生物的检测

空气中悬浮飘动的大量霉菌，放线菌的孢子及细菌的芽胞是千百万微生物发酵工业污染的主要原因，也是造成流行性传染病的主要根源。常用的检测方法有平板沉降法和膜滤器法。

四、极端环境中的微生物

地球上某些环境条件，如南北极、地热区、酸性或碱性泉、低温高压的海洋深处等皆属于极端环境。在这种环境中，仅有极少数微生物可以生存。如：嗜热微生物对热有极强的适应能力，它们生长的最高温度不超过沸水温度（91～101℃）；食物在低温条件下保存及运输过程中造成腐败的主要原因是嗜冷微生物引起的，嗜冷腐败假单胞菌，在-7℃条件下仍可生长，并引起鱼、肉、奶制品腐败。在含有高浓度盐的环境下仍能生长的微生物称为嗜盐微生物。有些微生物能在极酸环境中生长。一般把最适生长 pH 在 9 以上的微生物称嗜碱微生物。

第四节 微生物的营养与代谢

一、微生物的营养

（一）微生物的营养要求

微生物生长繁殖所需的营养物质主要有水、碳源、氮源、无机盐和生长因子等。

1. 水

水是各种生物细胞必需的。水有良好的溶剂，微生物的新陈代谢过程中的一切生化反应都离不开水的作用。

2. 碳源

碳源是合成菌体成分的原料，也是微生物获取能量的主要来源。整体上看，微生物可以利用的碳源范围极广，从大类上说，可以分为有机碳源和无机碳源两大类，凡必须利用有机碳源的微生物就是异养微生物，凡能利用无机碳源的微生物就是自养微生物。糖类是最广泛利用的碳源。

3. 氮源

氮源主要是供给合成菌体结构的原料，很少作为能源利用。与碳源相似，微生物作为一个整体来说，能利用的氮源种类十分广泛。某些微生物（如固氮菌）能利用空气中分子态的氮或利用无机氮化物如铵盐、硝酸盐合成有机氮化物。多数致病菌则必须供给蛋白胨、氨基酸等有机氮化物才能生长。

4. 无机盐类

无机盐主要可为微生物提供除碳、氮以外的各种重要元素。微生物需要的无机盐类很多，主要有 P、S、K、Na、Ca、Mg、Fe 等，其主要功能为构成菌体成分、调节渗透压、作为某些酶的成分，并能激活酶的活性等。

5. 生长因子

有些微生物虽然供给它适合的碳源氮源和无机盐类，仍不能生长，还要供给一定量的所谓“生长因子”。其种类很多，主要是 B 族维生素的化合物等。生长因子可以从酵母浸出液、血液或血清中获得。

(二) 微生物的营养类型

根据微生物对碳源的要求不同，可将其分为自养菌和异养菌两大营养类型。凡能利用无机碳合成菌体内有机碳化物的，叫自养菌；不能利用无机碳而需要有机碳才能合成菌体内有机碳化物的，为异养菌。根据其生命活动所需能量的来源不同，可分为光能营养菌和化能营养菌。前者是从光线中获得能量，后者则从化学物质氧化中取得能量。因此，根据微生物所需的碳源和能源不同，可将微生物分为光能自养菌、光能异养菌、化能自养菌、化能异养菌等四类。如表 1-1 所示：

表 1-1 微生物的营养类型

营养类型	主要（或唯一）碳源	能源	代表菌
光能自养型	二氧化碳	光能	蓝细菌
光能异养型	有机物	光能	红螺细菌
化能自养型	二氧化碳	无机物氧化	硫杆菌
化能异养型	有机物	有机物氧化	大肠杆菌

(三) 营养物质的运输

外界环境的营养物质只有被微生物吸收到细胞内，才能被微生物分解与利用，微生物生长过程中产生的一些代谢产物也必须分泌到细胞外，在这两个过程中，细胞膜起着重要作用。目前一般认为，营养物质主要以扩散、促进扩散、主动运输和基团转位四种方式通过微生物细胞膜。

二、微生物的代谢

微生物在生长发育和繁殖过程中，需要不断地从外界环境中摄取营养物质，在体内经过一系列的生化反应，转变成能量和构成细胞的物质，并排出不需要的产物。这一系列的生化过程称为新陈代谢。

代谢作用是生物体维持生命活动过程中的一切生化反应的总称。它是生命活动的最基本特征。代谢作用包括分解代谢(异化作用)和合成代谢(同化作用)。分解代谢是指生物体将各种营养物质和细胞物质降解成简单的产物，即由大分子物质降解成小分子物质并产生能量的过程。合成代谢是指将分解代谢所提供的或从环境中所吸收的小分子物质合成大分子物质的过程。分解代谢为合成代谢提供原料和能量，而合成代谢又为分解代谢提供物质基础，两者相互对立而又统一，在生物体内偶联着进行，使生命繁衍不息。

(一) 微生物的酶

生物体内的化学反应几乎都要依靠酶的催化才能进行。酶是由生物细胞合成的，以蛋白质为主要成分的生物化学反应催化剂。从化学组成来看，可分为简单蛋白和结合蛋白两种酶。根据酶在细胞中的活动部位，也可将酶分为胞外酶和胞内酶两种。

酶作为生化反应的催化剂和其他的催化剂一样，能显著改变反应的速度，但不能改变反应的平衡点。酶有以下几个特点：催化反应的效率高、具有高度的专一性、容易失活、活性受调节控制等。

（二）微生物的能量代谢

所有生物进行生命活动都需要能量，因此，能量代谢成了新陈代谢中的核心问题。

自然界中的能量以多种形式存在，但生物只能利用光能或化学能，而光能也必须在一定的生物体（光合生物）内转化成化学能后，才能被生物利用。

一个化学反应只有在一定条件下，当有能量放出时才能自由地进行，即自由能的变化为负值时，反应才能进行，这种反应称为放能反应；如果产物的自由能大于反应物的自由能时，必须供给能量才能进行反应，称为吸能反应。

在生物体内，吸能反应所需要的能量是由放能反应来供给的，两者是偶联进行的。其中的能量载体主要是 ATP。ATP 是腺嘌呤核苷三磷酸（简称腺三磷）的缩写，ATP 的生成和利用是微生物能量代谢的核心。在生物体内，ATP 主要由 ADP 的磷酸化生成。生成 ATP 的过程需要供应能量，能量来自光能或化能。

以光能生成 ATP 的过程称为光合磷酸化作用，这种转变需要光和色素作媒介。

利用化合物氧化过程中释放的能量进行磷酸化生成 ATP 的过程称为氧化磷酸化作用，它为一切生物所共有，微生物的氧化作用可根据最终电子受体的性质不同而分为：呼吸作用、无氧呼吸作用和发酵作用。

ATP 主要用于供应合成细胞物质（包括贮藏物质）所需的能量。此外，细胞对营养物质的吸收，鞭毛菌的运动，发光细菌的发光等所消耗的能量也要由 ATP 供给。组成细胞的物质主要是蛋白质、核酸、类脂和多糖，合成这些物质都需要 ATP。

（三）微生物的物质代谢

微生物代谢的基本过程，可分为两大类，即分解代谢和合成代谢。

1. 微生物的分解代谢

微生物在生命活动中，能将复杂的大分子物质分解为小分子的可溶性物质，并有能量转变过程，这种物质转变称为分解代谢。大多数微生物都能分解糖和蛋白质，少数微生物能分解脂类。

（1）糖的分解

糖类是异养微生物的主要碳素来源和能量来源，包括各种多糖、双糖和单糖。多糖必须在细胞外由相应的胞外酶水解，才能被吸收利用；双糖和单糖被微生物吸收后，立即进入分解途径，被降解成简单的含碳化合物，同时释放能量，供应细胞合成所需的碳源和能源。

（2）蛋白质及氨基酸的分解

细菌分解蛋白质的酶有两类，一类为蛋白酶，另一类为肽酶，前者为胞外酶，能将蛋白质分解为多肽和二肽。肽类可进入微生物细胞中，肽酶为胞内酶，