

# 绪 论

## 一、微生物及微生物学

### (一) 微生物

微生物是一群个体微小，结构简单，用肉眼难以看到，必须借助光学显微镜或电子显微镜才能看清的低等微小生物的总称。其主要特点是个体微小、结构简单、代谢能力强、繁殖速度快、种类繁多、分布广泛、容易发生变异。

自然界的生物分为六界，即动物界、植物界、真菌界、原生生物界、原核生物界、病毒界，微生物占有后四界。近来根据 rRNA 测序的结果又把生物分为三个域。其中第二域为细菌和古生菌，都是原核微生物；第三域为真核生物，包括真菌、粘菌等。由此可见，微生物在生物界占有很重要的地位。

微生物在食品工业中的有益作用是非常广泛的。酿酒、面包制作、酱油、乳酸饮料的生产，通过乳酸菌、酵母菌、根霉菌等多种微生物的发酵作用，使食品变得更有营养、更易消化、更加安全、风味更好。许多大型真菌的菌体是食用价值很高的食品，如香菇、木耳等，自古以来就为人们所食用。在化学工业中，微生物可被用以生产有机酸、氨基酸、维生素、核苷酸、酶制剂等。在食品和医药工业中，微生物所产生的抗生素、微生态制剂为人类同疾病做斗争起到了极为有效的作用。微生物还是自然界中清除环境污染的主力军，它们降解土壤中残留的农药及其他有毒物质的能力很强，在土壤修复、工业和生活污水的净化中发挥着不可缺少的作用。

自然界中的大多数微生物对人类是有益的，应充分研究、开发和利用。但也有些微生物是能引起食品、药品等变质的腐败菌和致人畜疾病或植物病害的致病菌，需要加以研究、检测、预防和控制。

## （二）微生物学

微生物学是研究微生物在一定条件下的形态与结构、营养与代谢、遗传与变异、生态与进化、分类与鉴定等问题的一门科学，是生物学中的一个重要分支。

微生物学按研究对象不同可分为细菌学、病毒学、真菌学等；按应用领域不同可分为农业微生物学、工业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、海洋微生物学、食品微生物学等。各分支学科间的相互配合和促进，使整个微生物学全面地向纵深发展。

食品微生物学是一门综合性的科学，融合了普通微生物学、工业微生物学、医学微生物学和农业微生物学中与食品有关的部分，并渗入了生物化学、机械学和化学工程学的有关内容。

食品微生物检验是应用微生物学的理论与方法，研究外界环境和食品中微生物的种类、数量、性质、活动规律及其对人和动物健康的影响。它与食品微生物学、医学微生物学、农业微生物学、卫生学等关系密切，与传染病学、免疫学、病理学、组织学、解剖学等也有一定的联系。

## 二、食品微生物检验的实验目的和内容

### （一）食品微生物的检验实验目的

食品中微生物的种类、数量、性质、活动规律与人类健康关

系极为密切。随着人民生活水平的提高，对食品的质量和食品的安全性要求越来越高，不仅要求营养丰富、美味可口，而且要求安全经济。

学习食品微生物学的基础知识，掌握微生物的特点及活动规律，识别有益的、腐败的、致病的微生物，在食品生产和保藏过程中，可以充分利用有益微生物为人类服务，同时控制腐败和病原微生物的活动，防止食品变质和杜绝因食品而引起的病害，保证食品卫生和安全。

食品微生物检验的目的就是要为生产出安全、卫生、符合标准的食品提供科学依据。要使生产工序的各个环节得到及时控制，不合格的食品原料不能投入生产，不合格的成品不能投放市场，更不能被消费者接受，因而对食品进行微生物检验至关重要。

## （二）食品微生物检验的内容

食品微生物检验的内容从面向食品加工过程的角度看，包括食品生产环境、原料、加工过程、成品运输和保存全过程的微生物检验；从面向微生物的对象看，描述了各种指标菌的生物学特性和常规检验方法，有的补充了一些特殊检验方法；从面向食品的对象看，分别描述了每种食品的常见微生物，样品的采集、处理、检验的方法和程序以及有关材料和用品；从学科的逻辑结构看，食品微生物检验分为食品微生物学基础知识、微生物学基础实验、食品中常见的微生物检验、常见食品的微生物学检验四部分；从学科发展的时间序看，本书在介绍食品微生物常规检验方法的同时，根据学科发展和社会需求，还适当地介绍了一些新的检测内容，如乳酸菌和双歧杆菌等的培养、计数以及国内外检测技术最新发展动向等。附录列举了各种培养基、专用试剂的配

方，配制方法和用途，并对个别试验方法做了较详细的介绍。

### 三、食品微生物检验的发展

学科发展犹如生物进化一样，在继承（遗传）的基础上，发展（变异）有逻辑自主的内动力和社会需求外动力，受人类利益的约束（选择）。食品微生物学检验的发展大致经历了以下几个发展阶段。

#### （一）致病菌检测阶段

法国科学家巴斯德（L. Pasteur, 1822—1895）发现了酒类酿造是酵母菌的作用，而酒类变质则是由于外界杂菌污染所致；并发现，刚发酵完毕的酒，在沸点之下文火加热，可以杀死酒中存在的微生物，酒不会再变质。这就是沿用至今的巴氏消毒法。巴斯德用更加生动巧妙的实验证实了空气中微生物的存在。他在一位化学家的启发下，设计了细颈瓶实验。空气可以进入瓶内，而附着有微生物的尘埃则不能向上进到瓶内加过热的酵母浸液中，从而保证了酵母浸液长时间的洁净。巴斯德又将若干组经加热后的酵母浸液瓶的瓶口密封，带到不同地域和不同高度的山峰，然后陆续分组折断瓶颈，使带着尘埃的空气进入。实验向人们证实，越是人迹罕至的清洁环境，以及随着山峰高度的增加，微生物的粒子越少，对微生物在空气中密度分布的差异做了首次报道。他的研究向人们揭示，空气中含有大量微生物，发酵和腐败是微生物生长繁殖的结果。

19世纪末至20世纪初，在巴斯德和科赫（Koch）光辉业绩的影响下，国际上形成了寻找病原微生物的热潮。由于国际间交往的增加，尤其是第一次世界大战的爆发，一些烈性传染病的全

球性大流行，促使人们必须将视线集中在病原微生物的研究方面，而且似乎形成了一种观念，一提到微生物就会联想到疾病与灾难，思想认识上产生了一定的片面性。故医学微生物学受到了更多的关注，有关食品微生物学方面的研究也主要是检测致病菌。

## （二）指示菌检测阶段

20 世纪末，重要病原微生物已大量被发现，抗生素的问世，使细菌性传染病对人类生命造成严重威胁的阶段逐步宣告结束，微生物学的研究在朝着多元化的方向迅速发展。于是，与食品安全性有关的六大问题，即营养失控、微生物致病、自然毒素、环境污染、人为加入生物链的有害化学物质、其他不确定的饮食风险等，就成了社会关注的焦点。其中重点是微生物污染食品致病。

在我国，80% 的传染病是肠道传染病，为了预防肠道传染病，各种食品微生物的检验方法和检验标准的制定，是食品微生物检验的重要研究内容之一。通过这些方法和标准，可以检测并判断水、空气、土壤、食品、日常用品以及各类公共场所的安全卫生状况。了解这些环境条件和物品安全卫生状况的目的，一方面是为了预防致病性微生物通过这些媒介感染人群，引起疾病的爆发流行；另一方面也是为了避免不符合质量或安全卫生标准的食品、药品、化妆品等流入市场，给广大消费者带来危害，造成损失。但从样品中直接检测目的病原微生物有一定难度，原因是在环境中病原微生物数量少、种类多、生物学性状多种多样，检验和鉴定方法比较复杂。因此，需要寻找某些带有指示性的微生物，这些微生物应该在环境中存在数量较多，易于检出，检测方法较简单，而且具有一定的代表性。依据这些指示性微生物检出

的情况，可以判断样品被污染的程度，并间接指示致病微生物有无存在的可能，以及对人群是否构成潜在的威胁。

指示菌（或称指标菌）是在常规安全卫生监测中，用以指示检品（检验样品）卫生状况及安全性的指示性微生物。常规检验指示菌的目的，主要是以安全卫生指示菌在检品中存在与否以及数量的多少为依据，对照国家卫生标准，对检品的饮用、食用或使用的安全性做出评价。

指示菌可分为三种类型：

第一种类型的指示菌是为了评价被检样品的一般卫生质量、污染程度以及安全性，最常用的是菌落总数、霉菌和酵母菌数。

第二种类型是特指粪便污染的指示菌，主要指大肠菌群，其他还有肠球菌、亚硫酸盐还原梭菌等。它们的检出标志着检品受过人、畜粪便的污染，而且有肠道病原微生物存在的可能性。

第三种是其他指示菌，包括某些特定环境不能检出的菌类，如特定菌、某些致病菌或其他指示性微生物。这些指示菌，在不同的样品中有不同的指示意义。

### （三）微生物生态制剂检测阶段

19 世纪人们就发现并开始认识厌氧菌（巴斯德，1863），但直到 20 世纪 70 年代，了解到厌氧菌类中主要是无芽孢专性厌氧菌后，才开始重视厌氧菌的研究。厌氧菌广泛分布在自然界，如土壤、沼泽、湖泊、海洋及河流的沉渣和淤泥，以及动、植物体内，尤其是广泛存在于人体的皮肤和肠道。它们在人出生后数小时就定居，是人体中存在的主要微生物菌群之一。生态平衡时，与人体“和平共处”，成为人体抵抗疾病的第一道防线；生态失调时，成为人体感染的主要条件致病菌，形成厌氧菌感染症。由此，市场上出现了以乳酸菌、双歧杆菌为主，以调节生态平衡为

目的的各种微生态制剂，检验其菌株的特性和数量就成了 20 世纪末食品微生物检测的一项重要内容。

#### （四）现代基因工程菌和尚未能培养菌的检测

1953 年，Watson 和 Crick 发现了 DNA 双螺旋结构，奠定了现代分子生物学的基础，从而给整个生物学乃至整个人类社会带来了一场革命。从那以后，越来越多的科学家投身于分子生物学研究领域，并取得了许多重大的进展。1973 年，美国加利福尼亚大学旧金山分校的 Herber Boyer 教授和斯坦福大学的 Staley Cohen 教授共同完成了一项著名的实验，提出了“基因克隆”的策略，在很短的时间内研究人员就开发出了大量行之有效的分离、鉴定、克隆基因的方法。DNA 重组技术使得生物技术过程中生物转化这个环节的优化过程变得更为有效，而且它所提供的方法不仅可以分离到那些有优良性状的微生物菌株，还可以人工设计、重组有优良性状的菌株。原核生物细胞和真核细胞都可以作为生物工厂来生产胰岛素、干扰素、生长激素、病毒抗原等大量的外源蛋白。DNA 重组技术还可以简化许多有用化合物和生物大分子的生产过程。植物和动物也可以作为天然的生物反应器，用来生产新的或改造过的基因产物。另外，DNA 重组技术大大简化了新药的开发和检测系统。受 DNA 重组技术的影响最为深刻的生物技术领域，迅速完成了从传统生物技术向现代生物技术的飞跃转变，从原来的一项鲜为人知的传统产业一跃而成为代表着 21 世纪的发展方向、具有远大发展前景的新兴学科和产业。

分子生物学的发展，使对生物的研究在细胞和分子水平统一起来了，有人甚至把生物的细胞克隆，都看做了“特殊的微生物”。因此，随着转基因动物、植物和基因工程菌被批准使用的数目以及进入商品化生产的种类日益增多，食品微生物检测的任

务也就愈大了。还有，人们又在食品中相继发现了致病性大肠杆菌、双歧杆菌蛋白病毒和嗜抗生素菌、加工处理受损暂时不能繁殖的菌体、目前条件尚不能培养的微生物等。这一方面对食品微生物检验技术提出了挑战，另一方面，也促进食品微生物检验技术的发展。

微生物学专家、生物化学家和工程技术人员密切合作，使现代食品微生物检测在快速酶促反应及代谢产物的检测、免疫学方法检测抗原或抗体的技术、分子生物学技术检测食源性病原菌和微生物检测的自动化系统等方面得到了迅速发展，这也是食品微生物学检验的未来发展趋势。

# 第一章 / 微生物类群、结构和分布

## 第一节 微生物的类群

通常微生物按其结构、组成等差异，可分为三大类，即原核细胞型微生物、真核细胞型微生物和非细胞型微生物。

### 一、原核细胞型微生物

原核细胞型微生物，简称原核微生物，仅有原始核，无核膜与核仁，细胞器不完整。这类微生物众多，除古细菌和通常意义的真细菌外，还有放线菌、支原体、立克次体、衣原体、螺旋体、鞘细菌、滑动细菌、蓝细菌等。

#### (一) 细菌

细菌在原核微生物中占主要地位，此处讨论的细菌也可称为真细菌类。因为从结构、形态、繁殖方式等与后面讨论的放线菌、鞘细菌、蓝细菌等存在着很大差异，所以将它们分别加以介绍。

细菌按其外形可分为球菌、杆菌、螺旋菌（包括弧菌）三类。其大小以  $\mu\text{m}$ （微米）表示，需借助光学显微镜方可观察。细菌是食品中最常见的微生物。

细菌的基本结构有细胞壁、细胞膜、细胞质、核质、质粒 (Plasmid) 等。某些细菌还具有特殊结构, 如鞭毛、荚膜、芽孢等。鞭毛是细菌的运动器官, 荚膜对细菌有保护作用, 芽孢是细菌休眠状态的细胞, 对外界环境有极强的抵抗力。

细菌的形态多需染色后观察, 常用的染色方法是革兰氏染色法 (Gram stain)。被染成紫色者称革兰氏阳性菌 ( $G^+$ ), 被染成红色者称革兰氏阴性菌 ( $G^-$ )。

细菌一般以简单的二分裂法进行无性繁殖, 多数细菌仅需 20~30 min 即可繁殖一代, 单个细菌分裂繁殖生长后在固体培养基上堆集成肉眼可见的集团, 称为菌落 (Colony)。

## (二) 放线菌

放线菌属于原核细胞型微生物, 无完整的细胞核, 无核膜与核仁的分化, 细胞壁含有胞壁酸, 对抗生素敏感, 有典型细菌的特征。放线菌可形成菌丝及菌丝体, 且以菌丝断裂、形成分生孢子或孢子囊的方式增殖, 这些特点又与真菌的霉菌相似, 所以放线菌是较前述的细菌进化更高一级的类群。

放线菌除极少数外, 均属革兰氏阳性菌, 其大小与细菌相似, 以  $\mu\text{m}$  计算。菌落形态介于细菌与霉菌之间。幼龄菌落似细菌, 待形成大量孢子后的菌落外观可成绒状、粉末状或颗粒状的典型放线菌菌落。

放线菌在自然界分布广泛, 土壤、堆肥、河底、湖底、淤泥中均可分离到, 尤其在有机质丰富和呈碱性的土壤中可找到多种放线菌。放线菌多数为腐生菌, 人工培养比较困难, 厌氧或微需氧, 可分解多种有机物, 如吡啶、甾类、芳香化合物、纤维素、木质素等复杂化合物。许多抗生素, 如链霉素、土霉素等均由放线菌产生。

### （三）蓝细菌

蓝细菌曾归入藻类，称为蓝藻或蓝绿藻（Blue-green algae）。近年根据其细胞结构是原始的核，故归入原核细胞型微生物。简单的蓝细菌为单细胞生物，呈球形或杆状，可由多个单细胞连成一串，形成不分枝的丝状体。菌体外常具胶质外膜，使多个菌体或丝状体集成一团。多数蓝细菌可滑行运动。

蓝细菌主要为分裂繁殖。丝状蓝细菌的顶端可脱落下小段菌丝与母菌丝分离，再经分裂形成长丝。有的蓝细菌可形成静止孢子（或称厚壁孢子），可通过长期休眠在不良环境中存活，环境适宜时，孢子萌发再进行生长繁殖。

蓝细菌为光合自养型微生物，其光合色素主要为叶绿素  $\alpha$  及藻蓝素，有的尚含有藻黄素、藻红素等。由于藻蓝素占优势，常使其细胞呈现特殊的蓝色或蓝绿色。若其他色素含量多时，也可呈红、紫、褐等不同颜色。

蓝细菌对环境要求简单，可通过光合作用将二氧化碳同化为菌体物质，有的种还可通过固氮作用利用分子态氮，故仅需少量无机盐类和水分，温度适宜时即可大量繁殖，对冷、热、干旱均有较强耐受性。

蓝细菌广泛分布于自然界环境中。在淡水中生活的蓝细菌，是水生态系统食物链中的重要一环，当水质污染时，可造成其过量增殖，形成“水华”，使水质污染进一步恶化。有的蓝细菌生活在海水中，大量增殖时，可形成海洋中的“赤潮”。

## 二、真核细胞型微生物

真核细胞型微生物，简称真核微生物，核分化程度较高，有

核膜、核仁和染色体，有完整的细胞器。除真菌外，还有藻类和原生动物。

真菌 (Fungus) 进化程度高于细菌，比细菌大几倍至几十倍，是真核生物。在细胞结构和繁殖方式上有许多地方类似于藻类，但真菌不含叶绿素、不营光合作用，靠腐生或寄生生活。真菌与原生生物的主要区别在于真菌有较硬的细胞壁而原生生物没有。与细菌不同，真菌的细胞壁不含肽聚糖，多含几丁质。概括起来，真菌主要有五个特点：不能进行光合作用；以产生大量孢子进行繁殖；一般具有发达的菌丝体；营养方式为异养吸收型；陆生性较强。

按形态真菌可分为单细胞和多细胞两类。单细胞呈圆形或卵圆形，常见为酵母菌和类酵母菌。多细胞真菌多能形成菌丝和孢子。菌丝伸长分枝，交互扭接成团，称为丝状菌，又称霉菌。有些真菌根据环境条件和培养方式不同而出现两种细胞形态相互转变，称双相菌型。有的真菌可形成体积较大的子实体，有的有毒，有的可供食用或药用，称为大型真菌，还可称为蘑菇、食用菌等。

酵母菌和霉菌分布广泛，存在于各种环境和生物体内，尤其是偏酸性和渗透压较高的环境中；大多为腐生，少数为寄生；常引起水果、蔬菜、乳酪类、酒类、肉类等食品的变质和衣物、器具的霉烂，少数还能引起动植物病害和人类疾患。在发酵、制药、食品、制革、纺织工业和农业等领域，真菌有较广泛的应用。

### (一) 酵母菌

酵母菌是一个通俗名称，例外情况较多，目前很难对它下一个确切的定义。酵母菌一般具有五个特点：个体一般以单细胞状

态存在；以出芽繁殖为主，也有的裂殖；可发酵糖类产能；细胞壁常含甘露聚糖；能在含糖量较高、酸度较大的水环境中生长繁殖。

酵母菌的种类很多，与人类的关系十分密切。酵母菌及其发酵产品大大改善和丰富了人类的生活，如乙醇类饮料生产、面包制造、甘油发酵、石油及油品的脱蜡，以及饲用、药用或食用单细胞蛋白（SCP，single cell protein）的生产，从酵母菌体中提取核酸、麦角醇、辅酶 H、细胞色素 C、凝血质和维生素等生化药物。

只有少数酵母菌能引起人或其他动物的疾病，其中最常见的是白假丝酵母（*Candida albicans*）和新型隐球菌（*Cryptococcus neoformans*）。它们一般属于条件致病菌，常可引起人体一些表层（皮肤、粘膜）或深层（各内脏、器官）的疾病，例如鹅口疮、阴道炎、轻度肺炎或慢性脑膜炎等。

## （二）霉菌

霉菌是丝状真菌的一个通俗名称，通常指那些菌丝体比较发达而又不产生大型子实体的真菌。它们往往在潮湿的环境大量生长繁殖，长出肉眼可见的丝状、绒状或蛛网状的菌落，有较强的陆生性，在自然条件下，常可引起食物、工农业产品的霉变和植物的真菌病害。

在自然界中，真菌主要扮演着各种复杂有机物，尤其是数量最大的纤维素、半纤维素和木质素的分解者的角色。它们通过广泛的生物化学转化作用，使数量巨大的动、植物，尤其是植物的残体，重新转变为生态系统中的生产者——绿色植物的养料，从而保证了地球生态系统中消费者的需要，并促进了整个生物圈的平衡和发展。

霉菌与工农业生产、医疗实践、环境保护和生物学基本理论研究等方面都有密切的关系。

#### (1) 工业应用

如柠檬酸等多种有机酸，淀粉酶等多种酶制剂，青霉素等抗生素，核黄素等维生素，麦角醇等生物碱，真菌多糖，酿造食品以及植物生长刺激素（赤霉素）等的生产；利用某些霉菌的生物转化作用生产甾体激素类药物以及霉菌在生物防治、污水处理和生物测定等方面的应用等。

#### (2) 生产各种传统发酵食品

如酿制酱油、甜酒酿、干酪、香肠等。

#### (3) 基本理论研究

霉菌在基本理论研究中应用最著名的例子是粗糙脉孢霉等在生化遗传学研究中的作用。

#### (4) 工业产品的霉变

食品、纺织品、皮革、木器、纸张、光学仪器、电工器材和照相胶片等都易被霉菌霉坏、变质。

#### (5) 引起植物病害

植物传染性病害的主要病原微生物是真菌。真菌约可引起 3 万种植物病害。

#### (6) 引起动物疾病

不少致病真菌可引起人体和动物的浅部病变（如皮肤癣菌引起的各种癣症）和深部病变（如既可侵害皮肤、粘膜，又可侵犯肌肉、骨骼和内脏的各种致病真菌）。

### (三) 食用菌

食用菌指可供人们食用或药用的大型真菌，如蘑菇、香菇、平菇、草菇、口蘑、银耳、木耳、竹荪、羊肚菌、牛肝菌、松乳

菇等。食用菌自古以来被列为席上佳品，誉称为“山珍”、“上帝食品”，颇受群众欢迎。根据近年来的研究发现，食用菌中有很多种类，如猴头菌、茯苓、蜜环菌、香菇等，可用来提取抗生素、增鲜剂、美容剂等；栽种各种菌类剩下的废料名“菌糠”，还可作为牲畜饲料和农家肥料。因此，食用菌是食品工业、制药工业和综合开发利用的重要资源。其中很多种食用菌已可人工栽培。

### 三、非细胞型微生物

非细胞型微生物体积微小，能通过除菌滤器，没有典型的细胞结构，只能在活细胞内生长增殖，如病毒。

病毒由遗传物质（仅有 RNA 或 DNA 之一）和蛋白衣壳组成；类病毒没有蛋白衣壳，为裸露的 RNA 分子；而朊病毒（Prion）是一类能侵染动物并在宿主细胞内复制的小分子无免疫性的疏水蛋白质。它们都具有体积极小、结构简单、专性寄生、抵抗力特殊的四个特点。

病毒按核酸类型分，可分为 RNA 病毒和 DNA 病毒；按衣壳结构分，可分为螺旋对称型和多面体对称型；按核酸的复制位置分，可分为胞浆内复制和胞核内复制；按病毒的宿主细胞分，可分为植物病毒、动物病毒、微生物病毒，微生物病毒又分为真菌病毒和细菌病毒（噬菌体）。

病毒的形态有球形、卵圆形、多面体形、杆形、丝状和蝌蚪形等。动物病毒多为前四种形态，植物病毒多为杆形、丝状，噬菌体常为蝌蚪状。病毒的大小在 20~350 nm 之间。

## 第二节 微生物的细胞结构

### 一、原核微生物

原核微生物的主要类群是细菌，细菌细胞结构分基本结构和特殊结构。细菌的基本结构是指各种细菌都具有的结构，包括细胞壁、细胞膜、细胞质和原核。除细胞壁外，其他三个部分统称为原生质体。细菌的特殊结构是指某些细菌所特有的结构，如芽孢、荚膜、鞭毛和纤毛等。

#### (一) 基本结构

##### 1. 细胞壁

细胞壁处于细胞的最外层，系无色透明、厚度均匀的一层薄膜，在普通光学显微镜下不易观察到。细胞壁的主要功能是固定细菌的外形。其主要化学成分是肽聚糖，肽聚糖是由聚糖骨架、四肽侧链和交联桥三部分组成（革兰氏阴性细菌的肽聚糖无交联桥）。

##### 2. 细胞膜

细胞膜位于细胞壁内侧，是质地柔韧、富有弹性的液性膜状结构。细胞膜由平行排列的双层脂质组成，其内镶嵌以多种蛋白和少量多糖，厚约 7.5 nm，占细菌细胞干重的 10% ~ 30%。细胞膜是细菌赖以存活的关键结构之一。其主要功能有：物质纳泄、生物合成、呼吸作用及形成中介体。

### 3. 细胞质

细胞质是由细胞膜包裹着的溶胶性物质，基本成分是水、蛋白质、核酸、脂类、少量糖和无机盐等。细胞质的化学组成可因菌种、菌龄、培养时间和条件等不同而有变化。一般幼龄菌生长旺盛，细胞质内 RNA 含量很高，可以占菌体固体成分的 15% ~ 20%；老龄菌 RNA 因被消耗，其含量明显减少。

细胞质含有多种酶系统。用光镜和电镜观察细胞质，均可见到大小不等的各种颗粒，如核糖体、核质、质粒、胞质颗粒等。

### 4. 原核

细菌为原核细胞，其核无一定的形态，也无核膜与核仁。核区中充满深度卷曲、折叠的 DNA 双螺旋细丝，此外，还有少量的 RNA 和蛋白质。正常情况下，每个细胞中有一个核，但由于核的分裂常在细胞分裂之前进行，加上细菌生长迅速，分裂不断进行，故在一个菌体内，经常可以看到已经分裂完成的两个或四个核，而细胞本身尚未完成分裂。细菌细胞中有时还含有一个或几个由很小的环状双螺旋 DNA 分子组成的质粒。质粒分散在细胞质中，或附加在染色体上，是染色体以外的遗传物质。质粒具有自主复制的功能，同时也能复制与它相连接的外来 DNA 片段，维持许多世代，当细菌分裂时，质粒也转移到子代细胞中。质粒可以有几个基因，不同质粒还可分别带有使寄主细胞获得某些特殊遗传性状的基因（如性因子、抗药因子）。这些功能对于细胞的生长繁殖，不一定是必需的。

## （二）特殊结构

### 1. 荚膜

某些细菌在生长过程中合成并分泌粘稠性物质堆积于细胞壁