

食品微生物学

高 鼎 主编



中国商业出版社

国内贸易部部编
中等专业学校教材

食品微生物学

高 鼎 主编

中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学/高鼎主编. -北京: 中国商业出版社,
1996.2

ISBN 7-5044-3013-7

I. 食… I. 高… III. 食品-微生物学 N. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 04539 号

责任编辑: 夏贤明

责任校对: 郭晋英

中国商业出版社出版发行
(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店北京发行所经销

北京北方印刷厂印刷

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

787×1092毫米 32开 11.625印张 258千字

印数: 1—5000册 定价: 12.00元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

编 审 说 明

国内贸易部部编中等专业学校教材，是适应社会主义市场经济发展的新形势，按照建立社会主义现代企业制度和“建立大市场、搞活大流通、发展大贸易”的要求，结合我国财税、金融体制等改革情况，由国内贸易部教育司组织有关专家、教授和长期教学第一线任教的教师编写的。经审定，可作为国内贸易部系统中等专业学校教材，也可作为国内贸易部系统中等专业学校教材，也可作为各类中等成人学校、在职干部业务岗位培训教材的企业职工自学读物。

《食品微生物学》一书由高鼎主编。参加本书编写的人有：辽宁省粮食学校高鼎（绪论、第一章、第二章及附录一、二、三、四），浙江省贸易学校沈倪英（第三章、第四章），湖北省供销学校杨杜堡（第五章、第六章），山东省商业学校温继勇（第七章、第八章）。全书由高鼎总纂。最后由山东大学张长铠教授审阅。

本书在编写过程中得到了许多学校领导和教师大力支持，在此一并致谢。由于编写时间仓促，水平所限，缺点疏漏在所难免，请广大读者提出宝贵意见，以便进一步修订完善。

国内贸易部教育司

1996年5月

目 录

绪论	(1)
第一章 食品微生物的形态结构	(10)
第一节 细菌	(10)
第二节 酵母菌	(33)
第三节 霉菌	(45)
第四节 病毒	(90)
第二章 微生物的分类与命名	(100)
第一节 微生物的分类与命名	(100)
第二节 微生物的分类系统	(110)
第三章 微生物生理	(121)
第一节 微生物的营养	(121)
第二节 微生物的呼吸	(130)
第三节 微生物的物质代谢及产物	(134)
第四节 单细胞微生物典型的生长曲线	(143)
第四章 微生物生命活动与环境	(148)
第一节 微生物生命活动与物理因素	(148)
第二节 微生物的生命活动与化学因素	(163)
第三节 微生物的生命活动与生物因素	(170)
第五章 微生物技术	(174)
第一节 制片镜检技术	(174)
第二节 微生物的测量与计数	(180)
第三节 微生物的分离与培养	(184)

第四节	微生物的接种技术·····	(190)
第五节	菌种的选育与复壮·····	(195)
第六节	菌种保藏·····	(202)
第六章	微生物在食品工业上的应用 ·····	(209)
第一节	食品工业中细菌的应用·····	(209)
第二节	食品工业中酵母菌的利用·····	(216)
第三节	食品工业中霉菌的利用·····	(224)
第四节	微生物酶制剂·····	(230)
第五节	微生物菌体的利用·····	(236)
第七章	微生物与食品变质 ·····	(246)
第一节	微生物引起食品变质的基本因素·····	(246)
第二节	食品中的微生物·····	(259)
第三节	食品污染后对人体的危害·····	(274)
第八章	食品中的微生物检验 ·····	(287)
第一节	食品的细菌学检验·····	(287)
第二节	食品中的霉菌检验·····	(325)

绪 论

微生物同食品有着极为密切的关系。因此，在食品加工、储藏过程中的微生物学问题，早已引起人们的重视。很多微生物可应用在食品制造方面，如诸类发酵微生物；另有一些微生物，使储藏或运转中的食品变质、腐败，如大量的腐败微生物；还有少数微生物能引起人们食物中毒或使人、动植物感染而发生传染病，即所谓病原微生物。食品是人类营养的主要来源，所以，对食品微生物学的研究，在食品工艺学和食品卫生学中，都具有十分重要的意义。

一、关于微生物的基本概念

微生物是生物界中，高等植物、动物等生物以外的一个十分庞杂的生物类群。在目前人们所公认的生物分类系统中，它们分别属于：病毒界、原核生物界、真菌界及原生物界。

(一) 什么是微生物

微生物是一群形体微小，结构简单的低等生物统称。它们大部分是单细胞或接近于单细胞的多细胞，有的甚至没有细胞结构；用肉眼看不到或看不清楚，必须借助光学或电子仪器才能看到或看清楚它们外形的一群微小生物。

(二) 微生物的基本类群

微生物包括：非细胞生物——病毒；细胞生物中属于原核生物的有枝原体、立克次氏体、细菌、蓝细菌等；属于真核生物的有真菌(酵母菌、霉菌、病原真菌)、藻类植物和原生动物。

(三) 微生物的特点

作为生物界的一员，微生物除了具备新陈代谢、生长繁殖、遗传变异等一般生物所共有的性状外，还表现出它所特有的性状，主要有以下几个方面。

1. 分布广：在生物圈内，其他生物能生存的地方，就有微生物的存在；其他生物不能生存的地方，亦有微生物的存在。粗略一点来说，天上 12000 米；地面上下（从表土层到高山顶，从 70—80 厘米的土壤内到 2000 米地层下）及海洋中（从海平面到以下 6000 米）；从赤道到两极，到处都有微生物活动着。据估计，一亩肥沃田地 150 厘米深的表土内，就含有 300 公斤以上的真菌和细菌。我们随时随地的取一把土或一粒土，就是一个微生物世界；其中含有不同种类和不同数量的微生物。就拿健康的动、植物和我们人体的内外部来说，也不例外。

2. 代谢强：由于微生物个体很小，所以具有极大的表面积和容积的比值。正是由于此种原因，它能够在有机体与外界环境之间迅速交换营养物质与废物。从单位重量来看，微生物的代谢强度要比高等动、植物的代谢强度大几千倍、几万倍、甚至几十万倍。例如，酒精酵母，一公斤菌体就可把几千公斤糖发酵生成酒精；用乳酸菌生产乳酸，每个细胞产生的乳酸，为其体重的 10^3 至 10^4 倍；一种产朊假丝酵母合成蛋白质的能力，比食用牛高一万倍左右；绿色植物生长所需的二氧化碳，90% 是由微生物分解有机物质产生的，矿化作用为物质循环提供了极其重要的条件和保证。

3. 繁殖快：微生物繁殖的速度之高是十分惊人的。以大肠杆菌为例，在适宜的条件下，20~30 分钟即可繁殖一代，按这样的速度计算，24 小时可以繁殖 72 代，菌体数目多达 47

$\times 10^{22}$ 个。如果把这些细菌细胞排列起来,可将整个地球表面盖满。但是随着菌体数目的增加,营养物质的迅速消耗,代谢产物的逐渐积累,pH值等条件的改变,导致微生物的繁殖速度永远也达不到上述那么高。但与高等动、植物相比,其生长速度仍要快几千倍。例如,培养酵母菌菌体生产蛋白质,每8~12小时就可收获一次,若种大豆生产蛋白质,最短也要100天。

4. 易变异:由于微生物结构简单,多数属于单细胞类型,所以对外界环境的刺激非常敏感,抵抗能力也很差。当环境条件剧烈变化时,多数个体,因不能适应而死亡,但有个别的个体,适应了新的环境生存下来,性状发生了变异。变异的性状,随着细胞分裂在后代中表现出来,这就是工业生产中诱变育种的理论基础。如柠檬酸发酵,最初在发酵液中必须添加黄血盐除掉铁离子,或添加甲醇作抑制剂才能大量积累柠檬酸,后经诱变处理,改变了菌种对铁的敏感性,直接利用废糖蜜就可进行发酵。微生物易变异这一特性,对提高菌种生产能力是非常有利的。

(三) 微生物在自然界的作用及与人类的关系

微生物分布广、繁殖快、代谢强的特点,使它们在自然界的物质循环中,肩负着矿化作用的责任,尤其在地球化学方面有雄伟的转化作用。其实,微生物在自然界不仅进行矿化作用,并且还控制着大气中二氧化碳的分压和植物可利用二氧化碳的份量。如果,微生物分解动、植物尸体或它们的代谢产物的速度低时,则地球表面便累积动、植物尸体和它们的代谢产物;同时,由于二氧化碳供应受阻,在地球上生存的各种生物都会因食物不足而慢慢完结;反之,如果微生物代谢作用过高,则地球表面就要迅速累积一层不含有机物

质的砂土和黏土，而不利植物的生长。因此，只有微生物适量的活动下，使矿化作用的速度维持这样一个平衡：既分解有机物质免于尸体累积，又保留适当的有机物质于土壤中，以便保持土壤的肥沃性和植物能以继续得到必需的二氧化碳及其他营养物质。维护了整个自然界的生态平衡，保证了自然界的繁荣昌盛。由此可见，微生物在自然界中的作用是不可估量的。

微生物同人类的关系是十分密切的。微生物在物质转化的过程中，可以生产许多对人类有用的代谢产物，如酒精、甘油、丙酮丁醇、有机酸、维生素、酶、脂肪、蛋白质、抗菌素等发酵产物和它们菌体自身，比如干制及压榨酵母及多种食用菌等。微生物的作用，早已被人们广泛地应用于发酵、食品、化工、医药等工业上，此外，微生物在农业生产和医学研究上，均具有重大的意义。微生物对人类的益处远不止上述几个方面。然而，有些微生物自身的活动及其产物——毒素，能引起人类和动、植物的严重病害，甚至大量死亡；缺医少药的旧社会，瘟疫流行，在短时期内就吞噬掉千万人的生命的严酷事实即是例证；另外，还有部分微生物，在一定条件下，导致包括粮食、食品在内的许多工农业产品的霉腐、败坏和带毒，造成重大的经济损失。病原微生物和霉腐微生物对人类确实是有利的，但它们只是微生物中极小的一部分。还必须指出同一种微生物在一方面固然是有害的，但在另一方面却可能生产重要的工业产品。如点青霉即是一例。从霉腐微生物而言，它能引起有机质的霉腐，造成重大的经济损失，显然是有害的；而从工业微生物着眼，又可通过发酵产生大量的青霉素，在人类的医疗保健事业上做出贡献。面对这一特殊的对象，我们只有了解它们，熟悉它们才能控制它

们，扬长避短，变害为利。

二、微生物与食品的关系

微生物广泛地分布于生物圈中，食品作为其中的一类物质，本身又具备某些微生物生命活动所需要的条件。当然，食品就同这些微生物结下了不解之缘。在食品生产、储藏、运输、销售的诸环节中，这些环境中的微生物就通过自然的或人为的媒介感染到食品上来。

(一) 微生物与食品生产

远在四千多年前，我国劳动人民就会利用微生物酿酒。虽然当时做酒的人还不知道酒是糖经过酵母发酵而成；也不知道微生物的存在，但却利用微生物的作用制成酒等发酵食品。科学发达的今天，就微生物在食品生产方面的应用来说，人们不论在生活实践中，还是在食品科学研究中，均累积了丰富的经验，不仅可利用微生物来制造多种具有丰富营养价值的、美味可口的食品；并开阔了食品的资源。目前，食品工业可利用细菌制成各种包括调味品在内的食品，如食醋的生产，味精的生产，以及酸奶油、干酪、酸乳和酸乳酒等发酵乳制品的生产；利用酵母菌可以生产馒头、面包、酒类及食用蛋白等；利用霉菌亦能生产豆腐乳、豆豉、酱、酱油、柠檬酸等食品及添加剂。另外，由微生物培养物中提取的酶制剂，种类不断增加，在食品工业上的应用前途极为广阔，对食品工艺的改革，增添食品的品种，发掘食品原料的资源，提高食品的营养价值，改进食品的风味方面，将起着愈来愈大的作用。

(二) 微生物与食品变质

食品原料包括植物性原料和动物性原料，它们总是带有微生物，在食品的收购、运输、加工、保藏、销售等过程中，

也会有很多机会遭受微生物的污染。污染到食品上的微生物，经过食品本身条件的选择，适应环境的便寄附下来，条件一旦适宜，这些微生物的生命活动也就开始，食品的变质现象也随之而发生。正如加工前后的食品，因微生物的作用而使食品失去原有的或应有的营养价值、组织性状以及色、香、味，转变成成为不符合卫生要求的食品，也就是说，食品已败坏，不能供人们食用。食品变质的因素是多方面的，而微生物的作用确是食品变质的主要原因。因此，在食品生产和经营的过程中，控制微生物的败坏，对食品品质保鲜、食品营养、食品卫生诸方面，有着极其重要的实践意义。

(三) 微生物与食品卫生检验

食品应具有一定的营养价值，以供人体生长、发育和生活劳动的需要。因此，食品应含有人体需要的热量及一切营养素，并易于被人体所消化、吸收和利用。在正常膳食生活的习惯下，食品不应对人体发生任何有害的作用；在食品的颜色、香、味和组织状态等感官性状方面，必须符合人们习惯的或易于接受的要求，不致引起人们产生不良的感觉。以上所述，就是人们对食品在营养、卫生方面的基本要求。特别是对人体不能有任何危害的成分或因素更为重要。食品中为什么有有害因素存在？其主要原因，是因遭受污染而造成的。其中由于微生物污染食品而危害健康，是最易发生而且是较为多见的。这样一来，在食品卫生中的微生物学问题就显得异常的突出。

在食品运转的过程中，环境中的腐生微生物和病原微生物，可直接地或间接地通过各种途径使食品污染。一定条件下，引起食品变质、带毒，人们误食了这些不卫生的食品，将会导致食物中毒或发生消化道传染疾病。由此看来，食品卫

生直接影响到人们的健康和生命安全。因此，对食品进行广泛而深入的微生物学检查是十分必要的；保持食品的安全性、食品变质的预防问题，已成为各级食品管理机构或生产部门的一项重要任务。正因这样，食品从生产到销售的全过程加强卫生管理，制定各方面的卫生指标是不无道理的。食品卫生指标中，首要的是微生物指标。单位重量(体积)的食品上细菌菌落总数的测定，对评定该食品的新鲜度和卫生质量起着重要的指标作用；大肠菌群或大肠杆菌作为食品被粪便污染的指标更能较客观的反映出食品的卫生情况；而被粪便污染严重者，往往又有被肠道致病菌污染的可能，被致病菌污染的食品，是严禁销售和食用的。总之，通过这些卫生指标对各种食品进行检验，对食品的卫生情况做出合理的评价和监督。食品质量微生物学监测的增加，促进了许多有用的检验方法的发展，人们应使用这些方法，使食品的卫生质量得到最准确的评价，同时收到法规控制的效果，确保了人们饮食卫生和安全。由于消费者对食品加工工业的依赖性日益增加，推动了食品加工工业的增长和集中化。这种情况促使各种食品加工的专业化和需要专门人员进行工作，因而在食品加工中监督管理的任何差错，都可能潜在的影响到大量的食品和众多的消费者，这就突出了食品微生物学检验的重要性。由此可见，微生物同食品卫生的关系亦不能等闲视之。

三、食品微生物学研究的对象及学习的目的和任务

食品微生物学是研究与食品有关的微生物的性状，及其在食品工艺、食品保藏、食品卫生中的作用、影响与控制的科学。微生物与食品的关系虽然十分久远，然而作为研究这种关系的学科——食品微生物学还是很年轻的学科。实际上，食品微生物学是医学微生物学、兽医微生物学、农业微生物

学以及工业微生物学中与食品生产有关的部分，相互融合成的一门涉及多学科的专业性较强的应用微生物学。

(一) 食品微生物学研究的对象

食品微生物学是研究与食品有关的细菌、酵母菌、霉菌及病毒等微生物类群。这些微生物虽然形态不同，大小各异，但它们的生活习性、繁殖方式、分类地位及分布范围又很相近似；尤其是它们的培养方法，研究手段基本相同。因此，把它们统称食品微生物是完全符合客观的。

食品微生物学研究的范围主要是：

1. 食品微生物的形态、结构、分类及其生命活动的规律。
2. 环境条件对食品微生物生命活动的影响及控制食品微生物的理论依据。
3. 研究、分析微生物的基本技术和方法。
4. 微生物在食品生产，主要是发酵食品工艺中的应用及原理。
5. 微生物对食品污染，引起食品的腐败、变质、带毒及危害，以及各类食品的防腐、防霉安全保藏。
6. 食品卫生微生物学检验分析方法及食物中毒的分析和预防。

(二) 学习食品微生物学的目的和任务

食品微生物学是食品工艺专业的一门重要的专业基础课。学习它的目的，是为了掌握食品微生物学的基本知识、基础理论和基本实验技能，辨别有益的、腐败的和病原的微生物。从而，在食品制造和保藏中，充分利用有益的微生物，为提高产品的数量和质量服务；控制腐败微生物和病原微生物的活动，以防止食品变质和杜绝因食品引起的病害。食品微生物学的科学理论，不仅已广泛被卫生机构作为食品卫生监

督的科学依据和在发酵食品生产部门用来指导生产，并且作为管理食品卫生质量的理论指导也已被许多食品企业单位所掌握运用。该课程的任务，就是要给食品工艺专业的学生打下牢固的微生物学理论基础和熟练的操作技能。既要扼要的讨论各类主要微生物的形态、分类、生理、生态等生物科学的共同特性，同时还要介绍这些微生物在食品加工中的应用，以及它们在食品保藏、食品卫生诸方面的不良的作用、影响与控制。为食品工艺、营养卫生等专业课程的学习奠定牢固的微生物学基础。

第一章 食品微生物的形态结构

食品微生物包括在分类学上属于不同类群的微生物，有单细胞的或接近于单细胞的多细胞的，有的甚至没有细胞结构；可以说大小悬殊，形态各异；然而，就它们同食品的关系而言，有很多共同之处，故把它们作为食品微生物来讨论，是完全可行的。

研究微生物的形态和构造，可以帮助了解微生物的生理功能：例如，肯定了细菌细胞质膜的存在，才能研究细菌的渗透机制；微生物形态和构造的研究也可以为微生物的分类提供依据。因为微生物的分类依据，主要根据菌体的形态构造；根据微生物的形态和构造，可以帮助研究微生物遗传与变异的规律。例如外界环境条件影响微生物的形态与构造，往往也随之而产生性状的变异等。

第一节 细菌

一、细菌的形态结构

细菌的形态一般说是多式多样的，尤其是当生活环境条件改变时，常引起细菌形态的改变，但对细菌种来说，在一定的环境条件下各种细菌都保持着固定的形态。细菌的形态结构包括个体形态、菌体结构及菌落形态三部分内容。

(一) 细菌的个体形态

细菌菌体具有三个基本的形态：球状、杆状和螺旋状。在

这三个典型的形态之间还存在着不明显的过渡形态。

1. 球菌：球状的细菌称球菌。是细菌中最普遍的类型。单独生活时呈正圆球形；如两个或两个以上球菌相接触时，其接触面有的扁平，有的内陷成凹面而形成卵圆形，或肾形；球菌分裂的新细胞间保持着一定的排列方式。球菌分裂在一个平面上，并且分裂后的细胞分散而单独存在的叫单球菌，如尿素小球菌(*Micrococcus ureae*)；两个球菌细胞成双成对排列着的叫双球菌，如肺炎双球菌(*Diplococcus pneumoniae*)；分裂后仍在一个平面上，但分裂后的细胞排列成链状或念珠状的称为链球菌(*Streptococcus hemolyticus*)；如果球菌分裂在两个垂直的平面上，分裂后每四个球菌细胞联在一起，形成两对细胞，如田字形的称为四联球菌，如四联小球菌(*Micrococcus tetragenus*)；分裂在三个垂直平面上，分裂后每八个球菌分层的排列在一起，成为一个立方形的叫八叠球菌，如尿素八叠球菌(*Planosarcina ureae*)；球菌分裂在许多平面上，几个或几十个联在一起，没有一定的形状或次序，而形成好似一串葡萄状的称为葡萄球菌，如金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*) (图 1-1)。

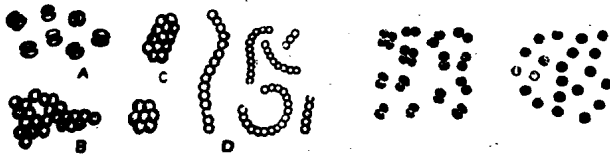


图 1-1 球菌

2. 杆菌：杆状的细菌称为杆菌。杆菌往往在长与宽的比例上有显著的区别。有些杆菌长而细呈柱状叫长杆菌；有些杆菌短而粗呈棒状叫短杆菌；还有些杆菌长宽差不多很容易