

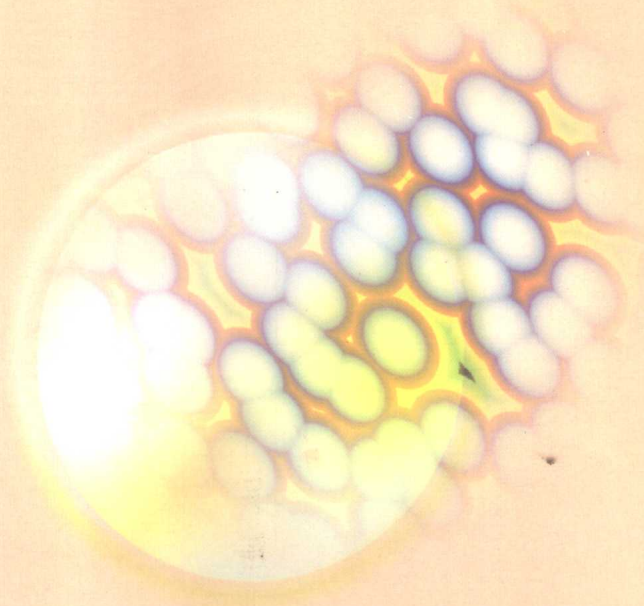
GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

· 高等职业教育教材 ·

食品微生物学

SHIPIN WEISHENGWUXUE

贾英民 主编 · 赵学慧 主审



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育教材

食品微生物学

主 编 贾英民

副主编 郝 林 田洪涛 贺稚非

主 审 赵学慧

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学/贾英民主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2001.3

高等职业教育教材
ISBN 7-5019-3048-1

I. 食… II. 贾… III. 食品-微生物学-高等教育: 职业教育-教材 N. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 81565 号

责任编辑: 沈力匀

策划编辑: 沈力匀 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云

版式设计: 赵益东 责任校对: 李 靖 责任监印: 胡 兵

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32 印张: 11.875

字 数: 300 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3048-1/TS·1845 定价: 26.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

全国高等职业教育食品生物 专业系列教材编委会

主 任：赵丽芹

副主任：薛文通 夏延斌 高愿军

江汉湖 张子德 张意静

编 委：（按姓氏笔画）

马兴胜 万 萍 王如福 孔书敬 李丽萍 辛秀兰

沈建福 张培正 张和平 张惟广 苏 平 孟宪军

杨公明 周 巍 贾英民 徐明生 章建浩

序

党的十一届三中全会以来,食品工业受到党和国家的高度重视。1984年召开了全国食品工业工作会议,颁布了《1981—2000年食品工业发展纲要》,食品工业第一次作为整体行业进行规划、部署和发展。从此,中国的食品工业步入了持续、健康和快速发展的轨道,创造出了前所未有的业绩。改革开放20年以来,我国的食品工业一直以年均10%~12%的速度递增,1995年以来,食品工业总产值在全国工业部门总产值中所占比重始终保持第一位。1996年食品工业年实现利税总额突破1000亿大关。到1998年底,全国食品工业固定资产已达4507亿元。总之,食品工业在国民经济建设中发挥着越来越重要的作用。

随着食品工业的快速发展,我国食品专业已有的高校本科及中专毕业生远不能满足和适应形势发展的需要,尤其是全国食品行业大量乡镇及私营企业的蓬勃发展,形成了食品专业的人才短缺,导致了全国各高等院校兴办食品专业的热潮。其中,各种名目的成人教育(继续教育)、职业技术教育及函授教育等大专学历的、快速培养高层次实用人才的办学方式是近年来高校掀起的又一股办学热潮,其在校人数几乎与本科生接近。然而,目前国内仍没有一套适合于食品专业大学专科生使用的教材,其教学效果受到了直接的影响。喜闻全国高等职业技术教育食品专业教材委员会组织编写这套教材丛书,实为你们填补这类教材的空白感到高兴。为了这套教材丛书的编写,你们付出了许多的辛苦,而且参编人员都是各院校的业务尖子,相信这套书会成为这类学生的最佳使用教材。

中国农业大学

李里特

2000年9月

编写说明

改革开放以来,我国人民生活水平日益提高,食品工业蓬勃发展,食品微生物学作为食品科学领域的一门专业学科,显得越来越重要了。食品微生物学是专门研究与食品有关的微生物类群、特点及其在一定条件下与食品的关系的一门学科,主要涉及三大方面:①在食品工业上的有用微生物。例如,用于乳制品发酵的乳酸菌。②引起食品变质的微生物。如引起罐头胀气、果品的腐烂、肉品的腐败变质等微生物。③引起食物中毒或引起疫病传播的病原微生物。所以食品微生物学知识与技能不仅涉及到食品原料的处理、食品加工(发酵食品更是如此)、包装、运输和销售各个环节,而且也是从事食品有关人员必须掌握的一门学科。

食品微生物学作为一门独立学科,学科建设体系还在不断完善。传统的食品微生物学重点是与食品卫生检验有关的微生物学知识,微生物在食品工业中的应用部分篇幅较少,这已经不能适应食品学科发展的需要,因为,食品微生物的三大部分内容具有同等重要的地位,尤其随着食品科学领域及其他学科研究的深入,在食品工业中应用微生物的内容也日趋丰富,且越来越重要,除传统的发酵食品的生产主要靠微生物的代谢作用得以实现外,近年来,微生物在某些新的食品资源开发中也起到责无旁贷的作用,如单细胞蛋白的生产、果糖新资源的开发、一些必需氨基酸的发酵生产等,在食品新工艺、新产品方面也显示出巨大的应用潜力。

鉴于目前食品微生物学教材及有关参考书的现状,我们编写了《食品微生物学》一书,以供我国食品领域的大专院校、函授、电大、夜大等作为教学的教材或参考书,此书同时还适用于从事食品工业生产、食品质量检验监督、食品卫生管理和检验监督等有关技术人员自学或参考。

本书由河北农业大学贾英民教授任主编,山西农业大学郝林、河北农业大学田洪涛、西南农业大学贺稚非等副教授任副主编,其中绪论、第四、五、六章由河北农业大学贾英民编写,第二章由湖南农业大学何煜波、内蒙古农业大学李少英等副教授编写,第三章由新疆农业大学罗明副教授编写,第七章由河北农业大学田洪涛和浙江大学郑晓冬副教授编写,第八章由山西农业大学郝林编写,第九章由西南农业大学贺稚非编写,第十章由黑龙江商学院段善海工程师、河南职业技术师范学院宋照军讲师编写。全书由我国著名食品微生物学专家华中农业大学赵学慧教授主审,并在本书成稿过程中提出许多宝贵意见。

在编写过程中,各位编者参阅大量书籍和有关资料,结合我国食品工业发展现状和未来趋势以及我国新高职大专教育的特点,力求内容新颖、系统完善、深入浅出、内容简洁明了。由于编写人员经验不足,编写水平所限,在本书的内容和结构编排等方面难免有错漏或不妥之处,敬请广大读者批评指正,以便今后进一步修正提高。

主编 贾英民

2000年8月于河北农业大学

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 微生物及其生物学特点	(1)
第二节 微生物学及其分支学科	(4)
第三节 食品微生物学及其研究内容和任务	(5)
第四节 微生物学的发展简史	(7)
第二章 微生物主要类群的形态、结构和功能	(10)
第一节 细菌	(12)
第二节 放线菌	(26)
第三节 其他原核生物	(30)
第四节 酵母菌 (yeast)	(32)
第五节 霉菌	(38)
第六节 病毒	(50)
第三章 微生物的营养	(63)
第一节 微生物细胞的化学组成和营养要素	(63)
第二节 微生物对营养物质的吸收	(67)
第三节 微生物的营养类型	(71)
第四节 培养基	(74)
第四章 微生物的代谢	(80)
第一节 微生物的能量代谢	(81)
第二节 微生物的分解代谢	(84)
第三节 微生物发酵的代谢途径	(96)
第四节 微生物独特的合成代谢	(101)
第五章 微生物的生长及其影响因素	(107)
第一节 微生物生长	(107)
第二节 微生物的生长规律	(110)

第三节	环境因素对微生物生长的影响·····	(120)
第六章	微生物的遗传变异与菌种选育·····	(128)
第一节	微生物遗传变异的物质基础·····	(128)
第二节	微生物的基因突变·····	(132)
第三节	微生物的基因重组·····	(140)
第四节	微生物的菌种选育·····	(148)
第五节	微生物菌种的保藏和复壮·····	(170)
第七章	发酵食品微生物·····	(176)
第一节	食品工业中常用的细菌及其应用·····	(176)
第二节	食品工业中酵母菌及其应用·····	(202)
第三节	食品工业中霉菌及其应用·····	(220)
第四节	微生物酶制剂及其在食品工业中的应用·····	(233)
第八章	微生物与食品腐败变质·····	(252)
第一节	食品的微生物污染及其控制·····	(252)
第二节	微生物引起食品腐败变质的原理·····	(255)
第三节	微生物引起食品腐败变质的环境条件·····	(257)
第四节	食品变质的症状、判断及引起变质的微生物 类群·····	(260)
第五节	食品保藏中的防腐与杀菌措施·····	(278)
第九章	食品卫生微生物·····	(290)
第一节	食物中毒性微生物及其引起的食物中毒·····	(290)
第二节	污染食品引起的常见疫病的病原学·····	(313)
第三节	食品卫生标准中的微生物指标·····	(323)
第十章	微生物实验技术·····	(328)
实验一	显微镜的使用技术及细菌的基本形态观察·····	(328)
附:	显微镜的构造及工作原理·····	(329)
实验二	细菌涂片制作及革兰氏染色技术·····	(332)
实验三	细菌的特殊染色技术·····	(334)
实验四	酵母菌的形态观察及其大小测定技术·····	(335)
附:	测微尺的结构及测定原理基本原理·····	(336)

实验五 酵母菌的死活细胞鉴别与镜检计数·····	(337)
附：计数板的结构及测定原理·····	(338)
实验六 霉菌、放线菌插片培养技术及其形态观察·····	(339)
实验七 培养基的制作与灭菌技术·····	(341)
附：灭菌的常用方法及其灭菌原理·····	(343)
实验八 环境条件对微生物生长的影响实验·····	(344)
实验九 微生物菌种的分离纯化与纯培养技术·····	(345)
实验十 菌种保藏技术·····	(347)
实验十一 食品中细菌总数的测定技术·····	(349)
实验十二 食品中大肠菌群测定·····	(352)
实验十三 发酵乳实验·····	(355)
实验十四 泡菜的制作·····	(356)
实验十五 酱油曲制作与扩培·····	(357)
实验十六 乙醇发酵实验·····	(359)
实验十七 柠檬酸发酵·····	(360)
附录 实验常用培养基·····	(361)
参考文献·····	(365)

第一章 绪 论

本章基本理论知识

1. 掌握微生物的基本概念以及微生物在生物分类学中的地位。
2. 理解并掌握微生物的生物学特点和作用。
3. 了解微生物学的主要分支学科和发展史。
4. 明确食品微生物学的研究对象和任务。

第一节 微生物及其生物学特点

一、微生物及其生物分类地位

(一) 微生物的概念及其主要类群

微生物 (microorganism, microbe) 是一类个体微小、结构简单, 肉眼不可见或看不清楚的微小生物的统称。这个微小生物类群十分庞杂, 它包括小到没有细胞结构的病毒 (virus)、单细胞原核的细菌 (bacteria)、放线菌 (actinomyces)、支原体 (mycoplasma)、立克次氏体 (rickettsia)、衣原体 (chlamydia) 等和属于真菌的酵母菌 (yeast)、霉菌 (molde) 等和原生动物 (protozoa) 等。与食品工业有密切关系的主要是细菌、酵母菌、霉菌、放线菌和部分专门侵害微生物的部分病毒 (噬菌体, phage), 这些微小生物虽然种类不同、形态和大小各异, 但是, 它们的生物学特性比较接近, 所以人们赋予其一个共同的名称——微生物。

(二) 微生物的生物学分类地位

微生物这个概念不是一个分类学名称, 对于生物的分类, 早在 18 世纪中叶, 人们把所有生物分成两界, 即动物界 (animalia) 和植物界 (plantae); 后来发现把自然界中存在的形体微小、结构简单的低等生物笼统地归入动物界和植物界是不妥当的, 到 1866 年

Haeckel 提出了原生生物界 (protistae), 其中包括藻类 (algar)、原生动物 (protozoa)、真菌 (fungi) 和细菌。到 20 世纪 50 年代, 电子显微镜的应用和细胞超微结构研究的进展, 提出了原核与真核的概念, 因此把属于原核结构的细菌和具有真核结构的真菌等统归原生生物界显然是不可能的。1957 年 Copeland 提出四界分类系统: 即原核生物界 (procaryotae) (细菌、蓝细菌等)、原生生物界 (原生动物、真菌、黏菌和藻类等)、动物界和植物界。

1969 年 Whittaker 提出把真菌单独列为一界, 即形成了生物五界分类系统, 将生物分为: 原核生物界、真核原生生物界 (protistae)、真菌界 (fungi)、动物界和植物界。随着对病毒研究的深入, 于 1977 年, 我国微生物学家王大耜提出把病毒列为一界, 即病毒界 (vira)。因此在五界分类系统的基础上形成了六界分类系统。根据微生物的定义, 我们可以看出, 在生物六界分类系统中, 其中微生物包括四界。

20 世纪 70 年代以后, 随着“第三型生物”——古细菌 (archaeobacteria) 的发现, 于 1978 年 R. H. Whittaker 和 L. Margulis 提出了三原界 (urkingdom) 分类系统。认为, 在生物进化的早期, 存在一类各生物的共同祖先, 然后分成三条进化路线, 形成了三个原界: 古细菌原界, 包括产甲烷细菌、极端嗜盐细菌、嗜热嗜酸细菌; 真细菌 (eubacteria) 原界, 包括除古细菌以外的其他原核生物; 真核生物原界, 包括原生动物、真菌、动物和植物。

近年来, 我国学者又提出了菌物界 (myceteae) 的概念, 菌物界是与动、植物界并行的一大类真核生物, 除指一般真菌外, 还包括一些既不宜归入动物界, 也不宜归入植物界, 又不同于一般真菌的真核生物, 如黏菌、卵菌等。

综上所述, 自然界生物系统的划分, 与微生物的不断发现和对微生物研究的逐步深入密切相关, 充分显示了微生物在生物领域中的重要地位。

二、微生物的生物学特点与作用

微生物除具有生物的共性外，也有其独特的特点，正因为其具有这些特点，才使得这样微不可见的生物类群引起人们的高度重视。

（一）种类繁多，分布广泛

微生物的种类极其繁多，目前已发现的微生物达 10 万种以上，并且每年都有大量新的微生物菌种报道，微生物的多样性已在全球范围内对人类产生巨大影响。首先微生物为人类创造了巨大的物质财富，目前所使用的抗生素药物，绝大多数是微生物发酵产生的，以微生物为劳动者的发酵工业，为工、农、医等领域提供各种产品。

微生物分布非常广泛，可以说微生物无处不有，凡是有高等生物生存的地方，都有微生物存在，甚至某些没有其他生物生存的地方，也有微生物存在，例如在冰川、温泉、火山口等极端环境条件下也有大量微生物分布。土壤是微生物的大本营，尤其是耕作的土壤中，微生物的含量很大，1g 沃土中含菌量高达几亿甚至几十亿，一般土壤越肥沃，其含菌量越高，表层土中比深层土中的含菌量高。土壤中微生物的种类繁多，几乎所有的微生物都能从土壤中分离筛选得到，要分离筛选某种微生物，多数情况都是从土壤采取样品。除土壤外，水、空气中也含有大量微生物，越是人员聚集的公共场所，空气中的微生物含量越高。水中以江、湖、河、海中含菌量高，井水次之。在动、植物的体表及某些内部器官中也含有大量微生物。由于食品主要以植物果实或动物的组织器官为原料，所以动、植物携带的微生物是食品变质的主要污染来源。

（二）生长繁殖快，代谢能力强

微生物生长繁殖的速度是高等生物所无法比拟的，大肠杆菌 (*Escherichia coli*) 在适宜的条件下，每 20min 即繁殖一代，24h 即可繁殖 72 代，由一个菌细胞可繁殖到 47×10^{22} 个，如果将这些新生菌体排列起来，可绕地球一周有余。之所以微生物生长繁殖的速度如此之快，是因为微生物的代谢能力很强，由于微生物个体微小，单位体积的表面积相对很大，有利于细胞内外的物质交换，细胞内的

代谢反应较快。正因为微生物具有生长快、代谢能力强的特点，才使得微生物能够成为发酵产业的产业大军，在工、农、医等战线上发挥巨大作用，加之微生物的种类繁多，代谢类型多种多样，在地球上的物质转化（如 N、C 等的物质循环）中起重要作用。可以设想，如果没有微生物，自古以来的动、植物尸体不能分解腐烂，早已是动、植物尸体堆积如山，布满全球。但事物总是一分为二的，也正由于微生物的上述特点，微生物也曾经或随时都有可能给人类带来疫病的灾难。

（三）遗传稳定性差，容易发生变异

微生物个体微小，对外界环境很敏感，抗逆性较差，很容易受到各种不良外界环境的影响。另外，微生物的结构简单，缺乏免疫监控系统（如高等动物的免疫系统），所以很容易发生遗传形状的变异。微生物的遗传不稳定性，是相对高等生物而言的，实际上在自然条件下，微生物的自发突变频率在 10^{-6} 左右。

微生物的遗传稳定性差，给微生物菌种保藏工作带来一定不便，一般在能满足生产需要的情况下，尽量减少菌种的转接代数，并且不断检测菌种的纯度和活力，一旦出现菌种因突变而退化的现象，就必须对菌种进行复壮工作。另一方面，正因为微生物的遗传稳定性差，其遗传的保守性低，使得微生物菌种培育相对容易得多。通过育种工作，可大幅度地提高菌种的生产性能，其产量性状提高幅度是高等动、植物所难以实现的。目前在发酵工业上，所用的生产菌种大多是经过突变培育的，其生产性能比原始菌株提高几倍、几十倍、甚至几百倍。

第二节 微生物学及其分支学科

一、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。研究微生物及其生命活动规律之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贡献于人类文明。

二、微生物学的分支学科

随着对微生物研究与应用领域不断拓宽和深入，微生物学已经不是一个单一的学科，而是包括很多分支学科的研究领域，无论是从基础理论研究还是从应用角度，都包括了多学科内容。

(1) 根据基础理论研究内容不同，形成的分支学科有：微生物生理学 (microbiol physiology)、微生物遗传学 (microbiol genetics)、微生物生物化学 (microbiol biochemistry)、微生物分类学 (microbiol taxonomy)、微生物生态学等 (microbiol ecology)。

(2) 根据微生物类群不同，形成的分支学科有：细菌学 (bacteriology)、病毒学 (virology)、真菌学 (fungi)、放线菌学 (actinomycetes) 等。

(3) 根据微生物的应用领域不同，形成的分支学科有：工业微生物学 (intustrial microbiology)、农业微生物学 (agricultural microbiology)、医学微生物学 (medical microbiology)、药用微生物学 (patherological microbiology)、食品微生物学 (food microbiology)、兽医微生物学 (viterinary microbiology) 等。

(4) 根据微生物的生态环境不同，形成的分支学科有：土壤微生物学、海洋微生物学 (marine microbiology) 等。

第三节 食品微生物学及其研究内容和任务

食品微生物学是专门研究与食品有关的微生物的种类、特点及其在一定条件下与食品工业关系的一门学科。尽管人类对食品微生物研究的历史很长，但作为微生物学的一门独立的分支学科——食品微生物学，其仍属一门新兴学科。尤其在我国，人们对食品科学的重视仅是改革开放以来，人们解决了温饱问题之后的事情，食品

微生物学是随着食品科学的发展而产生的一个重要的学科。

食品微生物研究的主要内容包括以下三个方面。

一、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,这部分微生物中以主要是霉菌、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),日常生活用的调味品(如酱油、甜面酱、食醋等酿造),并且随着食品微生物研究的深入和发展,微生物在食品工业上的应用途径和范围都在不断拓宽与扩大。

二、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,大量生长繁殖,在其生长繁殖的过程中,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,每年有约20%是因微生物引起变质而浪费。引起食品变质的微生物主要是细菌、霉菌和酵母菌类,尽管病毒常引起动、植物病害,随原料污染食品,由于其必须在活细胞内寄生,所以很难在食品上生长繁殖而破坏食品,所以一般认为病毒不是引起食品变质的主要微生物类群。

三、与食品卫生有关的微生物

随着人们生活水平的提高,人们不仅对食品色、香、味以及感官状态等对食品有越来越高的要求,更重要的是要求食品符合卫生

质量标准。有些微生物是人类的致病菌,有些微生物可产生毒素,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疫病传播。研究这些对人体健康有害的微生物的目的在于减少或避免有害微生物对食品的污染,控制其在食品上生长繁殖,并对食品进行检查和卫生监督。

根据食品微生物学的研究内容可知,食品微生物学的任务是:研究有益微生物及其在食品加工制造中的应用,为人类提供营养丰富、有益健康的食品。同时,避免在食品生产、保藏、流通中受有害微生物的污染,防止食品的腐败变质和食物中毒,保证食品的安全性。

第四节 微生物学的发展简史

微生物学的形成与发展和其他学科一样,有着一个历史发展过程,我们把这个过程分成以下四个阶段加以阐述。

一、微生物学的史前时期

在这个时期,人类已经在很多方面利用了微生物,世界各国人民在自己的生产实践中都积累了很多利用有益微生物和防治有害微生物的经验,在公元前两千多年的夏禹时代,就有仪狄做酒的记载,北魏的贾思勰《齐民要术》一书中,就详细记载了制醋的方法。我国古代劳动人民就利用了盐腌、糖、烟熏、风干等。

二、微生物的发现与微生物学的启蒙时期

尽管人们在很早以前就利用了微生物,但由于微生物的体积极其微小,肉眼不可见的特点,使得人们对其认识曾一度混乱,直到17世纪,荷兰人吕文虎克(Antony van Leeuwenhock)发明了第一台简易显微镜(200~300倍),并利用自制的显微镜观察污水、牙垢、腐败的有机物等,看到了许多微小生物个体,并将其绘制成图,于1669年出版了《安东·列文虎克所发现的自然界秘密》。随后在近200年的时期,随着显微镜的不断改进,分辨率的提高,人们对微生