

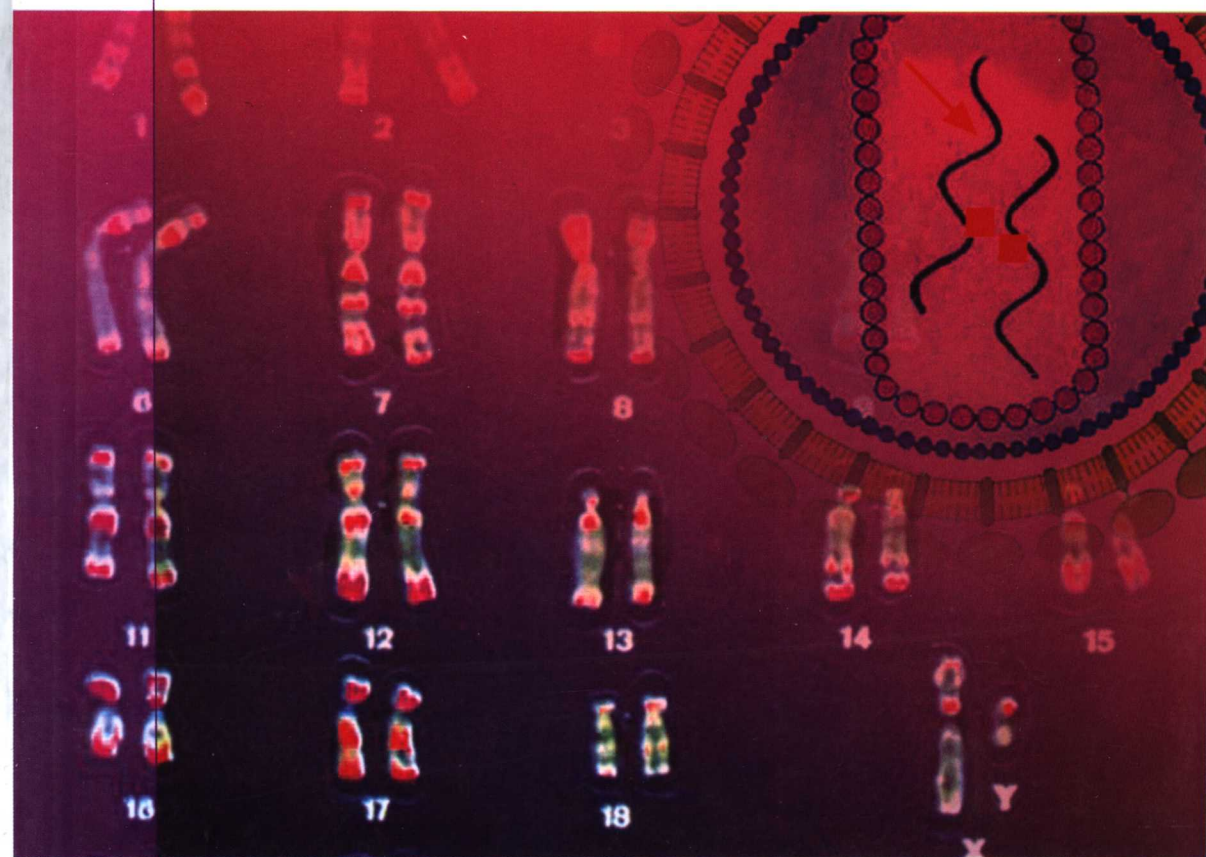


高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专生物技术类教材系列

微生物学

张青 葛菁萍 主编



科学出版社

www.sciencep.com

● 高等职业教育人才培养创新教材出版工程

高职高专生物技术类教材系列

微生物学

张 青 葛菁萍 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书突出职业特色,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。注意吸收更多的新知识、新技术、新方法,使其实用性更强。并注重理论与技能的兼容,具有较强的可读性、启发性、适用性。内容上,在保证知识的系统性和完整性的前提条件下,更注意理论的实用性和技能的可操作性。在结构体系上,注重每一章节的相对独立性、完整性和整体风格的一致性。做到每一章节都有内容提要 and 习题。

全书共分 10 章,分别介绍微生物的形态特征、生长繁殖、代谢、营养、微生物的纯培养、理化因素对微生物的影响、遗传变异、生态分布、菌种保藏、微生物的应用概况及发展前景、微生物实验技术。

图书在版编目(CIP)数据

微生物学/张青,葛菁萍主编. —北京:科学出版社,2004

高等职业教育人才培养创新教材出版工程·高职高专生物技术类教材系列

ISBN 7-03-013505-9

I. 微… II. ①张…②葛… III. 微生物学 IV. Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 058661 号

责任编辑:沈力匀/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:王凌波

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004 年 8 月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—4 000 字数:354 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

《高等职业教育人才培养创新教材》 出版工程说明

一、特色与创新

随着高等教育改革的进一步深化,我国高等职业教育事业迅速发展,办学规模不断扩大,办学思路日益明确,办学形式日趋多样化,取得了显著的办学效益和社会效益。

毋庸置疑,目前已经出版的一批高等职业教育教材在主导教学方向、稳定教学秩序、提高教学质量方面起到了很好的作用。但是,有关专家也诚恳地指出,目前高等职业教育教材出版中还存在一些问题,主要是:教材建设仍然是以学校的选择为依据、以方便教师授课为标准、以理论知识为主体、以单一纸质材料为教学内容的承载方式,没有从根本上体现以应用性职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位的教育观念。

经过细致的调研,科学出版社和中国高等职业技术教育研究会共同启动了“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”。在教材出版过程中,力求突出以下特色:

(1) 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,策划出版一系列体现教学改革最新理念,内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

(2) 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位(群)所需的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的课程开发方法,以确保符合职业教育的特色。

(3) 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材,提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

(4) 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态。将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中来,更能体现高职教育专业设置紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

二、精品与奉献

“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”的启动,得到了教育部高等教育司高职高专处领导的认可,吸引了一批职业教育和高等教育领域的权威专家积极参与,共同打造精品教材。其实施的过程可以总结为:教育部门支持、权威专家指导、一流学校参与、学术研究推动。

国内的高等职业教育院校特别是北京联合大学、天津职业大学以及中国高等职业技术教育研究会的其他副会长、常务理事、理事单位等积极参加本教材出版工程,提供了先进的教学经验,在此基础上出版一大批特色教材。

在教材的编写过程中,得到了许多行业部委、行业协会的支持,对教材的推广起到促进作用。

先进的理念、科学的方法、有力的支持,必然导致精品的诞生。“高等职业教育人才培养创新教材出版工程”主要包括高职高专层次的基础课、公共课教材;各类紧缺专业、热门专业教材;实训教材、引进教材等特色教材;还包含部分应用型本科层次的教材。根据我们的规划,下列教材即将与读者见面:

(一) 高职高专基础课、公共课教材

- (1) 基础课教材系列
- (2) 公共选修课教材系列

(二) 高职高专专业课教材

- (1) 紧缺专业教材
 - 软件类专业系列教材
 - 数控技术类专业教材
 - 汽车类专业教材
 -
- (2) 热门专业教材
 - 电子信息类专业教材
 - 交通运输类专业教材
 - 财经类专业教材
 - 旅游类专业教材
 - 生物技术类专业教材
 - 食品类专业教材
 - 精细化工类专业教材
 - 广告类专业教材
 - 艺术设计类专业教材

.....

(三) 高职高专特色教材

——高职高专院校实训教材

——国外职业教育优秀教材

.....

(四) 应用型本科教材系列

.....

欢迎广大教师、学生在使用中提出宝贵意见,以便我们改进教材出版工作、提高质量。

中国高等职业技术教育研究会

科学出版社

前 言

本教材是在全国高等职业技术教育——生物技术类专业教材编写委员会的指导下完成的。本书在编写过程中严格按照教育部颁布的教育改革文件精神，把能力为本位作为教育教学的指导思想，重点为了培养学生的职业道德、创新精神和实践能力。

教材的主体思想是根据职业需要、岗位需要，以体现素质教育与综合职业教育为特色。教材在知识点方面突出“宽、浅、新、用”，即知识面宽、浅显易懂，突出新知识，以实用为原则，使教师易教、学生易学。内容上，在保证知识的系统性和完整性的前提下，更注意理论的实用性和技能的可操作性；在结构体系上，注重每一章节的相对独立性、完整性和整体风格的一致性，做到每一章节都有内容提要、复习思考题；在写作特点上，围绕理论指导实践，理论服务于实践的目标，采取了介绍、叙述、归纳、总结等多种形式。为了突出实践环节、突出职业特色，注重学生的创新精神和实践能力的培养，本教材集理论和实践为一体，既有理论知识，又有基本实验技术，同时还增设了综合性实训内容。本教材注重理论与技能的兼容，具有较强的可读性、启发性和适用性。

教材共分10章，分别介绍微生物的概念及其特点；应用概况及发展前景；形态特征；营养；代谢；微生物的生长及纯培养；理化因素对微生物的影响；遗传变异；菌种保藏；生态分布；微生物实验技术等内容。

本教材由长春职业技术学院张青主编，黑龙江大学生命科学学院葛菁萍任第二主编。内容分工如下：第9章、第10章及附录部分，由张青编写；第1章、第4章、第7章，由葛菁萍编写；第1章第1.5节、第5章、第8章、第10章的部分内容，由广东轻工职业技术学院凌丽祯编写；第2章第2.1~2.4节，由山西综合职业技术学院王娟丽编写；第3章、第6章，由陕西科技大学职业技术学院田颖编写。

本书为高等职业院校、高等专科学校工业发酵、生物技术、生物制药等专业的教学用书。也可作为职业培训及生产一线的技术人员、化验员的参考书。

我们在此对给予本教材编写大力支持与帮助的科学出版社、主审陈珊教授（东北师范大学生命科学学院）、陆寿鹏教授（四川工商职业技术学院）表示衷心的感谢！在教材编写过程中还得到了沈力匀、陈光远等同志的协助，在此一并表示感谢！

限于作者的知识水平和能力，书中还会存在不足之处，欢迎同行和广大读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 微生物及其特点	1
1.1.1 微生物的概念	1
1.1.2 微生物的特点	1
1.1.3 微生物在生物界中的地位及分类	4
1.2 微生物学的研究对象与任务	6
1.2.1 微生物学的研究对象	6
1.2.2 微生物学的任务	6
第 2 章 微生物类群及形态结构	9
2.1 细菌	9
2.1.1 细菌的形态和大小	9
2.1.2 细菌的细胞结构	12
2.1.3 细菌的繁殖方式	20
2.1.4 细菌的菌落特征	20
2.1.5 常用常见的细菌	22
2.2 放线菌	24
2.2.1 放线菌的基本形态	25
2.2.2 放线菌的繁殖方式	27
2.2.3 放线菌的菌落特征	28
2.2.4 常见的放线菌	29
2.3 酵母菌	31
2.3.1 酵母菌的形态和大小	31
2.3.2 酵母菌的细胞结构	32
2.3.3 酵母菌的繁殖方式和生活史	35
2.3.4 酵母菌的菌落特征	38
2.3.5 常用常见的酵母菌	39
2.4 霉菌	41
2.4.1 霉菌的基本形态和结构	42
2.4.2 霉菌的繁殖方式	42
2.4.3 霉菌的菌落特征	47

2.4.4 常用常见的霉菌	48
2.5 噬菌体	50
2.5.1 噬菌体的形态和结构	50
2.5.2 噬菌体的生长和繁殖	52
2.5.3 噬菌体的分离检查与防治	55
第3章 微生物的营养	60
3.1 微生物的营养	60
3.1.1 微生物细胞的化学构成	60
3.1.2 微生物的营养物质及功能	61
3.2 微生物的营养类型	69
3.2.1 光能自养型	70
3.2.2 光能异养型	70
3.2.3 化能自养型	70
3.2.4 化能异养型	71
3.3 培养基	71
3.3.1 培养基类型	72
3.3.2 培养基的配制原则	76
3.4 营养物质的跨膜运输	79
3.4.1 单纯扩散	79
3.4.2 促进扩散	79
3.4.3 主动运送	80
3.4.4 基团移位	80
第4章 微生物的代谢	84
4.1 微生物的产能代谢	84
4.1.1 生物氧化	84
4.1.2 异养微生物的生物氧化	85
4.1.3 自养微生物的生物氧化	93
4.1.4 能量转移	95
4.2 微生物的合成代谢	98
4.2.1 糖类的生物合成	98
4.2.2 脂肪酸的生物合成	100
4.2.3 氨基酸和核苷酸的生物合成	100
4.3 微生物的代谢调节	105
4.3.1 酶合成的调节	105
4.3.2 酶活性的调节	110

第5章 微生物的生长及纯培养	116
5.1 微生物生长的测定	116
5.1.1 直接计数法	116
5.1.2 间接测定法	120
5.2 微生物群体的生长规律	121
5.2.1 单细胞微生物的生长曲线	121
5.2.2 掌握微生物生长规律对工业生产的指导意义	125
5.3 微生物的分离和纯培养	126
5.3.1 无菌技术	126
5.3.2 微生物的分离方法	127
5.3.3 微生物的培养	129
第6章 理化因素对微生物的影响	137
6.1 物理因素对微生物的影响	137
6.1.1 温度	137
6.1.2 干燥	141
6.1.3 渗透压	142
6.1.4 表面张力	142
6.2 化学因素对微生物的影响	143
6.2.1 氢离子浓度	144
6.2.2 氧化还原电位	146
6.3 灭菌和消毒	148
6.3.1 常用的灭菌方法	150
6.3.2 常用的消毒方法	156
6.3.3 影响灭菌和消毒的因素	158
6.3.4 化学治疗剂	160
第7章 微生物的遗传和变异	164
7.1 遗传变异的物质基础	164
7.1.1 经典转化实验	164
7.1.2 噬菌体感染实验	166
7.1.3 植物病毒的重建实验	166
7.2 基因突变	167
7.2.1 基因和基因学说	167
7.2.2 基因突变的分子机理	168
7.3 基因重组	175
7.3.1 杂交	176

7.3.2 转化	176
7.3.3 转导	178
7.4 基因工程	182
7.4.1 基因工程技术	182
7.4.2 基因工程的应用及展望	184
第8章 菌种保藏	189
8.1 菌种的衰退和复壮	189
8.1.1 菌种衰退的原因	189
8.1.2 防止菌种衰退和菌种复壮的方法	190
8.2 菌种的保藏	192
8.2.1 菌种保藏的目的	192
8.2.2 菌种保藏的原理	192
8.2.3 菌种保藏的方法	192
8.2.4 菌种保藏机构简介	198
第9章 微生物的生态	201
9.1 自然界中的微生物	201
9.1.1 土壤中的微生物	202
9.1.2 水中的微生物	204
9.1.3 空气中的微生物	205
9.1.4 正常人体及动物体上的微生物	205
9.2 微生物之间的相互作用	206
9.2.1 互生	206
9.2.2 共生	207
9.2.3 寄生	207
9.2.4 拮抗	207
9.3 微生物与环境保护	208
9.3.1 环境中的主要污染物	208
9.3.2 微生物对污染物的降解与转化	209
9.3.3 污染介质的微生物处理	209
9.3.4 污染环境的生物修复	210
第10章 微生物实验技术	213
10.1 常用玻璃器皿的清洗及包扎	214
10.2 普通光学显微镜的构造和使用	217
10.3 细菌的简单染色和革兰氏染色法	221
10.4 细菌的芽孢染色	225

10.5	放线菌的形态观察	226
10.6	霉菌的形态观察	227
10.7	酵母菌的形态观察及死活细胞的鉴定	229
10.8	酵母菌子囊孢子的培养及观察	230
10.9	噬菌斑的观察	231
10.10	微生物大小的测定	233
10.11	酵母菌细胞数及出芽率的测定	236
10.12	培养基的制备	238
10.13	干热灭菌及高压蒸汽灭菌	240
10.14	微生物的分离、接种和培养技术	242
10.15	巴斯德效应	246
10.16	生长谱法测定微生物的营养要求	248
10.17	微生物的平板菌落计数法	249
10.18	理化因素对微生物的影响	252
10.19	微生物的生理生化反应	255
10.20	常用菌种保藏技术	258
10.21	水中细菌总数和大肠菌群的检测	260
10.22	微生物的扩大培养技术及发酵试验	269
10.22.1	乙醇酵母的扩大培养及乙醇发酵试验	270
10.22.2	谷氨酸黄色短杆菌 T ₆₋₁₃ 的扩大培养及谷氨酸发酵试验	273
10.22.3	用琼脂块法筛选抗生素	278
参考文献		281
附录		283
附录 1	试剂和指示剂的配制	283
附录 2	常用染液配制法	284
附录 3	培养基的配方	285
附录 4	常用消毒剂的配制	288
附录 5	洗涤液的配制与使用	288

第 1 章

绪 论

“先生们，未来的话题将是微生物。”微生物学奠基人巴斯德先生这句具有预见性的话今天得到了验证，微生物已经和人类生活密不可分。

朋友，你可知道，当你喝上可口的酸奶，品尝着美味的面包或馒头，你就已经开始享受到了微生物给你带来的恩惠；当你因患感冒或其他疾病而躺在医院的病床上，经受病痛的折磨时，那便是有害的微生物侵蚀了你的身体；但当白衣天使给你使用抗生素类药物，你很快恢复了健康时，你得感谢微生物给你的实惠。可以说，微生物对人类的贡献，无论怎样评价都不过分。我们不能因为某些病原菌给人类带来疾病和危害（有时这种危害甚至是毁灭性的）而“谈菌色变”。我们必须强调，大多数微生物对人类是无害的，而且是有益的，正确地使用微生物这把“双刃剑”，造福于人类是我们学习和应用微生物的目的。

1.1 微生物及其特点

1.1.1 微生物的概念

生物界是极其丰富的，无论是以其生存环境、形态、结构还是从大小上看，真可谓是无所不有，无所不至，形形色色，千差万别。最小的生物就是肉眼看不见的，也就是我们所说的微生物。微生物就是指那些个体微小，构造简单，肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。这个定义具有两个方面的含义。一是个体微小，小到肉眼看不见，必须借助于显微镜或电子显微镜才能看清它们的外形，用微米和纳米来测量；二是构造简单，大多为单细胞、简单的多细胞，有的不具细胞结构。

1.1.2 微生物的特点

微生物和动植物一样具有生物最基本的特征——新陈代谢和生命周期，但微生物也有其自身的特点。

1. 种类多

据统计，目前发现的微生物有 10 万种以上。从种数来看，由于微生物的发现和研究比动物、植物迟得多，加上鉴定种的工作和划分种的标准等较为困难，

所以着重研究的首先是对人类关系最密切的那些种。随着分离、培养方法的改进和研究工作的深入,微生物新种、新属、新科甚至新目、新纲屡见不鲜。这不但在生理类型独特、进化地位较低的种类中常见,就是最早发现的较大型微生物——真菌,至今还以每年约 1 500 个新种不断递增。正如前苏联微生物学家伊姆舍涅茨基所说:“目前我们所能了解的微生物种类,至多也不超过生活在自然界中微生物总数的 10%。”

微生物的资源是极其丰富的,它们正在为人类生产、生活做出贡献。其主要表现为:

(1) 有利于物质循环。不同种微生物具有不同的代谢方式,能分解各种各样的有机物质。

(2) 可以防治公害。利用微生物的协同作用,针对“三废”中许多毒性强烈、结构复杂的物质的特点,变不利为有利。

(3) 可以生产各种发酵产品。不同的微生物所积累的代谢产物不同,所以发酵工业上常利用各种微生物来生产各种发酵产品,如酒精、抗生素、酶制剂、氨基酸、维生素、医药产品和化工产品等。

2. 分布广

微生物在自然界分布极为广泛,土壤、水域、大气中几乎到处都有微生物的存在。上至 85km 的高空(地球物理火箭取样),深至 10000m 的海底,高至 300℃ 以上的高温,低至 -250℃ 的低温以及动植物体的体表、体内都有微生物的存在。

(1) 土壤中微生物的分布。自然界中土壤是微生物生活的最适宜的环境,它具有微生物所需的一切营养物质和微生物进行生长繁殖及生命活动的各种条件。半尺深的耕作层,其细菌的活重就会达每公顷 6.0~15.3 kg。土壤中的微生物为什么会这么多呢?因为土壤中的动物、植物遗体是它们最好的食料。土壤矿物质成分中含有微生物所必需的 S、P、K、Fe、Mg、Ca 等大量营养元素和 Be、Mo、Zn、Mn 等微量元素,矿物质的含量、浓度适于微生物的发育,土壤的 pH、渗透压、氧气含量、温度等适宜微生物生活,还可以保护微生物免于被阳光直射而致死,所以,土壤又有“天然培养基”之称。

(2) 水中微生物的分布。水中的微生物主要来自土壤、空气、动物排泄物、动植物尸体、工厂和生活污水等。仅细菌而言,分类学上的 47 科中就有 39 科的代表可以在水中找到。从分布上看,在自然界的江、河、湖、海等各种淡水和咸水环境中都生存着相应的微生物。

水中的微生物既然如此之多,就不得不使我们注意两个问题:一是利用微生物净化污水,保护良好的环境;二是注意其饮用水的净化和消毒。

(3) 空气中微生物的分布与土壤、水比起来要少得多,但也有相当数量的存在。

由此可见,微生物在自然界分布是极其广泛的。主要是由于微生物形体微小,易于借风和水而传播,气流和水流可以把微生物及其孢子传播到几千公里以外;微生物营养类型多,还原能力强,它可以利用各种不同的基质,在各种不同的环境中生长;微生物还可以形成各种类型的休眠体,以抵抗不良的环境,适合微生物体的传播。

3. 繁殖快

在适宜条件下,大肠杆菌能在 20~30min 繁殖一代,1.5h 就可以做到“五世同堂”,24h 可繁殖 72 代,菌体数目可达 47×10^{22} 个,如把这些细胞排列起来,可将整个地球表面覆盖。48h 可达 2.2×10^{43} 个(约等于 4000 个地球重)。但是随着菌体数目的增加,营养物质迅速消耗,代谢产物逐渐积累,pH、温度、溶氧浓度均随之而改变。因此,适宜环境是很难持久的,微生物的繁殖速度永远达不到上述水平。

微生物的这一特性在发酵工业上具有重要的实践意义,主要体现在它的生产效率、发酵周期短。例如,培养酵母生产蛋白质,每 8h 就可收获一次,若种植大豆生产蛋白,最短也要 100d。

4. 易培养

大多数微生物都能在常温常压下利用简单的营养物质生长,并在生长过程中积累代谢产物。因此,利用微生物发酵生产食品、医药、化工原料都比化学合成法具有许多优点,它们不需要高温、高压设备。有些发酵产品如酒、酱油、醋、乳酸在较简单的设备里就可以生产。

另外,所利用的原料比较粗放。不但生产白酒、酒精和柠檬酸等可以利用廉价的山芋干等淀粉类为原料,就是许多精细的抗生素也是利用豆饼粉和玉米粉为原料生产的。

再有,就是不用特殊催化剂,一般产品具有无毒性。例如,通过微生物发酵法利用醋酸可的松生产醋酸强地松,只用葡萄糖、玉米浆为原料的产品无毒性,而用化学合成法生产,由于原料中有二氧化硒,所以产品会有毒性。

5. 代谢能力强

微生物个体的体积小,表面积大,具有极大的表面积和体积比值。因此,它们能够在有机体与外界环境之间迅速交换营养物质与废物。从单位质量来看,微生物代谢强度比高等动物的代谢强度大几千倍到几万倍。

6. 易变异

由于大多数微生物是单细胞微生物，利用物理的、化学的诱变剂处理后，容易使它们的遗传性质发生变异，从而可以改变微生物的代谢途径。

人们利用微生物易变异的特点进行菌种选育，可以在短时间内获得优良菌种，提高产品质量。例如，青霉素生产菌，开始时每毫升发酵液中只有几十个单位的青霉素，现经菌种诱变处理后可提高到几万个单位。

由于微生物具有生物的一般特性，又具有其他生物所没有的特点，因而微生物也就成为了人们研究许多生物学基本问题最理想的实验材料。

1.1.3 微生物在生物界中的地位及分类

19 世纪中期起，随着人们对微生物认识的逐步深化，生物的分界就历经三界、四界、五界甚至六界等过程，最后又提出了一个崭新的“三域”学说。

1. 二界系统

在我国春秋时期，我国古代人民就有了把生物分成动物和植物两大类的认识，这就是最早的“二界系统”。在国外，亚里士多德于公元前 4 世纪时也提出过生物可分为动物和植物的观点。真正科学地叙述两界系统的学者是瑞典博物学家林奈在其名著《植物种志》(1753) 中首先提出来的。

2. 三界系统

随着人类对微生物知识的日益丰富，德国动物学家 E. H. Haeckel 于 1866 年建议在动物界和植物界之外，应加上一个由低等生物组成的第三界，即原生生物界，它主要由一些单细胞生物及无核类组成。

3. 四界系统

Copeland 在 1938 年就提出四界系统的设想，至 1956 年时日臻成熟，其四个界为：植物界、动物界（除原生动物外）、原始生物界（原生动物、真菌、部分藻类）和菌界（细菌、蓝细菌）。

4. 五界系统

1969 年，H. Whittaker 在 Science 杂志上发表了一篇《生物界级分类的新观点》的著名论文。他在吸收前人工作经验的基础上，提出了一个纵横统一的五界学说，以纵向显示从原核生物到真核单细胞生物再到真核多细胞生物的三大进化阶段，而横向显示光合式营养、吸收式营养和摄食式营养的三大进化方式。五界