



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

微生物学及其技能训练

WEISHENGWUXUE
JIQI JINENG XUNLIAN

李志香 张家国◎主编

中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

微生物学及其 技能训练

李志香 张家国 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物学及其技能训练/李志香, 张家国主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2014. 9

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5019-9925-5

I. ①微… II. ①李… ②张… III. ①微生物学—高等职业教育—教材 IV. ①Q93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 212606 号

责任编辑: 张 靓 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

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

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 22.25

字 数: 448 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-9925-5 定价: 39.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

131462J2X101ZBW

本书编委会

- 主 编 李志香 齐鲁师范学院
张家国 山东商业职业技术学院
- 副 主 编 史晓华 山东职业学院
胡晓文 日照职业技术学院
杨艳芬 山东经贸职业学院
- 参编人员 (按姓氏笔画排序)
- 丁宏伟 齐鲁师范学院
刘 敏 山东农业工程学院
庄晓辉 山东科技职业学院
张 帆 齐鲁师范学院
段荣帅 山东商业职业技术学院
徐 琛 齐鲁师范学院
鲁 梅 潍坊工程职业学院
- 主 审 赵 勇 青岛啤酒(济南)有限公司

《前言》

《微生物学及其技能训练》立项为教育部第一批“十二五”职业教育国家规划教材。本书上一版于2011年出版，教材名称《食品微生物学及其技能训练》，教材出版后被全国多个省份的职业院校所使用，普遍反映：“该书编写体例合理，文字准确、流畅，符合规范化要求；插图美观，文图配合恰当”。“学生反映好，图文并茂，尤其是实验部分，利于学生学习”。“该教材既具备必需的基础理论，又具有很强针对性，突出实践性和实用性，能很好地符合高职高专的教学需要”。“教材的第二篇技能训练部分既很有实践特色又非常适用和实用，无论对教师还是对学生来说都留有了空间和余力”。

微生物学是食品类、生化与药品类等相关专业职业教育的主干专业基础课程之一，为进一步发挥该教材的作用和使用效果，拓宽使用专业范围，教材再版的名称改为《微生物学及其技能训练》，编写体例仍保持了原有风格。全书共分两篇，十五章。第一篇微生物学基础共分十章内容，考虑到生物类、食品类等相关专业均开设食品安全等课程，再版教材删除了“微生物与食品安全”一章，并对相关章节内容、图片和知识窗部分作了适当扩充调整和更新，从而进一步增强了趣味性、可读性，适当体现了微生物学近年来的发展和应用性。第二篇为技能训练部分，在保持原有的实践性、应用性、实用性、技能性与创新性于一体特色的基础上，遵循由易到难的原则，安排调整更新了部分实验内容；加强了基础和技能实训，扩充增加了十三章微生物学技能实训的选做项目，以利于不同专业任课教师根据本专业的教学实际进行选择，而留有更大的空间和选择余地。对涉及微生物学检验的相关实验如菌落总数、大肠菌群的检验、环境和人体表面微生物的检验等实验项目，依据国家颁布的新标准进行了修订和更新。

本教材适用于生物技术及应用、食品营养与检测、食品加工技术、食品贮运与营销、农产品质量检测、生物技术制药等相关职业教育专业用书，并可作为相关专业教学以及职业技术从业人

员的参考用书。

本书配有与教材配套的数字化教学资源。为提高学生学习兴趣、方便学生自学和方便教师备课教学，设有教学课件，助教图片及 flash 动画和相关视频。

数字化教学资源制作：①课件编制：李志香第一章、第二章、第三章、第七章，高玲美第四章，史晓华第五章、第六章，鲁梅第八章，杨艳芬第九章；②助教图片及 flash 动画和相关视频由李志香汇编。

参与本书修订工作的老师都是长期从事微生物学教学和研究的资深及骨干教师，在教材修订工作中他们将多年来教学改革研究成果均渗透融合到相关编写内容中，他们是：齐鲁师范学院李志香教授，山东职业学院史晓华教授，潍坊工程职业学院鲁梅副教授，日照职业技术学院胡晓文讲师，山东经贸职业学院杨艳芬讲师，齐鲁师范学院高玲美副教授、丁宏伟副教授，张帆讲师、徐琛讲师。全书由李志香统稿。对他们的协作和支持以及辛勤付出表示诚挚的谢意。

限于编者水平和时间，书中难免有错误和疏漏之处，敬请各位同仁不吝赐教和批评指正，我们将会再版时进行纠正。谢谢！

李志香

第一篇 | 微生物学基础

1 第一章 绪论

- 1 第一节 微生物学的研究对象、任务和分科
- 1 一、微生物的概念及主要类群
- 4 二、微生物学的研究内容和任务
- 5 三、微生物学与其他学科的关系
- 6 第二节 微生物学的形成与发展
- 6 一、古代对微生物的认识和利用（史前期、推测时期）
- 7 二、微生物的发现与奠基
- 8 三、近现代微生物学的发展
- 10 四、微生物学应用展望及其所对应的职业岗位
- 10 知识窗 微生物工程
- 11 复习与思考题

12 第二章 原核微生物

- 12 第一节 细菌
- 12 一、细菌的形态与大小
- 15 二、细菌的细胞结构与功能
- 24 三、细菌的繁殖方式
- 25 四、细菌的群体形态与培养特征
- 26 五、食品工业生产中常见的细菌
- 28 第二节 放线菌
- 28 一、放线菌与人类的关系
- 29 二、放线菌的形态结构
- 30 三、放线菌的繁殖方式
- 30 四、放线菌的菌落特征

31	五、放线菌的代表属——链霉菌属
31	六、其他放线菌属
32	七、放线菌在生产中的应用
32	第三节 其他原核微生物
32	一、蓝细菌
34	二、支原体
35	三、立克次氏体
36	四、衣原体
37	五、螺旋体
38	知识窗 微生物的分类与命名
39	复习与思考题

40 第三章 真核微生物

40	第一节 真核微生物概述
41	一、真核微生物与原核微生物的比较
41	二、真核微生物的主要类群
42	三、真核微生物的细胞构造
45	第二节 酵母菌
45	一、酵母菌与人类的关系
45	二、酵母菌的形态结构
46	三、酵母菌的繁殖方式
48	四、酵母菌的菌落与培养特征
49	五、食品工业中的酵母菌
51	第三节 霉菌
51	一、霉菌与人类的关系
51	二、霉菌的形态结构
54	三、霉菌的繁殖方式
56	四、霉菌的菌落及培养特征
56	五、食品工业生产中的常见霉菌
60	第四节 大型真菌——蕈菌
60	一、菌体的形态结构
63	二、常见食用菌
64	知识窗 生物农药——白僵菌
65	复习与思考题

66 第四章 病毒

- 66 第一节 病毒概述
- 66 一、病毒的形态与大小
- 68 二、病毒的结构与化学组成
- 70 三、病毒的群体形态
- 71 四、噬菌体
- 71 五、病毒的分类与命名
- 73 第二节 病毒的增殖
- 73 一、病毒的繁殖方式
- 75 二、一步生长曲线
- 76 三、理化因素对病毒的作用
- 77 四、病毒学研究的基本方法
- 81 五、病毒定量的几个概念
- 81 第三节 亚病毒
- 81 一、类病毒
- 82 二、拟病毒（类类病毒，卫星 RNA）
- 83 三、卫星病毒
- 83 四、朊病毒
- 84 第四节 病毒的危害及其应用
- 84 一、食源性病毒的危害
- 85 二、病毒的应用
- 86 知识窗 善变的禽流感病毒
- 88 复习与思考题

89 第五章 微生物的营养

- 89 第一节 微生物的营养物质和营养类型
- 89 一、微生物的营养物质
- 93 二、微生物的营养类型
- 95 第二节 微生物对营养物质的吸收
- 95 一、单纯扩散
- 96 二、促进扩散
- 96 三、主动运输
- 97 四、基团转位
- 97 第三节 培养基
- 98 一、配制培养基的原则

- 99 二、培养基的类型及其应用
103 知识窗 琼脂——从餐桌到试验台的凝固剂
104 复习与思考题

105 第六章 微生物的生长及控制

- 105 第一节 微生物的生长与培养
105 一、微生物的纯培养
108 二、测定微生物生长繁殖的方法
109 三、微生物生长的规律
112 第二节 微生物生长控制
112 一、影响微生物生长的主要环境因素
115 二、有害微生物生长控制
122 第三节 食品工业微生物的培养
122 一、分批（发酵）培养
123 二、连续（发酵）培养
125 知识窗 食品工业中微生物的控制——管道的消杀
125 复习与思考题

127 第七章 微生物的代谢

- 127 第一节 微生物对自然界有机物质的分解代谢
127 一、含碳有机物（多糖）的分解代谢
128 二、含氮有机物的分解代谢
131 第二节 微生物的能量代谢
131 一、化能异养微生物的生物氧化与产能
140 二、化能自养微生物的生物氧化与产能
142 三、光能微生物的能量代谢
145 第三节 微生物的合成代谢
145 一、糖类的合成
146 二、微生物特有的合成代谢途径——生物固氮
148 三、氨基酸的合成
150 第四节 微生物的代谢调控与发酵生产
150 一、酶合成的调节
153 二、酶活力的调节
154 三、代谢调控在发酵工业中的应用

161	第五节 微生物发酵与食品风味物质的形成
162	一、微生物的纯种发酵与多菌种的协同发酵
164	二、多菌种协同发酵方法生产应用实例分析
166	知识窗 微生物发酵工艺控制的五字策略
167	复习与思考题

168 第八章 微生物的遗传变异与育种

168	第一节 遗传变异的物质基础
168	一、什么是遗传与变异
168	二、证明核酸是遗传变异物质基础的三个经典实验
170	三、DNA的结构和复制
171	第二节 微生物的突变
171	一、突变率和基因符号
172	二、微生物突变的主要类型
172	三、突变的发生
173	四、基因突变机制
174	五、微生物突变的特点
175	六、突变与育种
178	第三节 细菌的基因转移和重组
178	一、原核微生物的基因重组
180	二、染色体外遗传因子的转移与重组
181	第四节 工业生产中菌种选育的实例分析
181	一、啤酒酵母的分离纯化与选育
182	二、谷氨酸生产菌的分离纯化与选育
184	第五节 菌种的衰退、复壮和保藏
184	一、菌种的衰退
185	二、菌种的复壮方法
186	三、菌种保藏
188	知识窗 基因工程在葡萄酒酵母选育中的应用
189	复习与思考题

190 第九章 微生物生态

190	第一节 微生物在自然界中的分布
190	一、土壤中的微生物

192	二、水体中的微生物
194	三、空气中的微生物
195	四、工农业产品中的微生物
196	五、正常人体及动物体上的微生物
197	第二节 极端环境中的微生物
197	一、嗜盐微生物
198	二、嗜热微生物
199	三、嗜冷微生物
200	四、耐辐射微生物
200	第三节 微生物的生物环境
201	一、互生关系
201	二、共生关系
202	三、竞争关系
202	四、拮抗关系
202	五、寄生关系
203	六、猎食关系
203	第四节 微生物生态及其应用
203	一、生态学的概念
204	二、在酿酒业中的作用
204	三、微生物与污水处理
206	四、微生物对污染物的降解与转化
209	五、微生物与环境监测
211	知识窗 EM 技术呵护青山绿水
212	复习与思考题

213 **第十章 微生物与机体免疫**

213	第一节 概述
213	一、传染与免疫的概念
213	二、决定传染的三大因素
215	第二节 病原微生物的致病作用——细菌性传染机制
215	一、毒力
216	二、病原菌的侵入数量
216	三、病原菌的侵入途径
216	第三节 人体对传染的非特异性免疫
217	一、人体的屏障结构

217	二、非特异性免疫细胞防护作用
217	三、正常体液中的抗微生物因素
218	第四节 人体对传染的特异性免疫
218	一、特异性免疫的概念
218	二、特异性免疫的物质基础
219	三、抗原
220	四、抗体与体液免疫
222	五、细胞免疫
223	第五节 免疫学的应用
223	一、生物制品
224	二、抗原抗体技术在食品检验中的应用
225	知识窗 关于儿童计划免疫接种
226	复习与思考题

第二篇 | 微生物学技能训练

227 第十一章 微生物学实验室简介与实验安全

227	第一节 微生物学实验须知
227	一、微生物学实验室
228	二、微生物学实验室主要仪器
229	第二节 微生物学实验安全
230	一、安全知识
230	二、实验室工作注意事项
231	三、实验室意外事故的处理

233 第十二章 微生物基础实验

233	必做实验
233	实验一 玻璃器皿的清洗、包扎与干热灭菌技术
237	实验二 普通光学显微镜的使用
241	实验三 细菌的单染色法
243	实验四 革兰氏染色法
246	实验五 细菌的芽孢染色
247	实验六 放线菌的形态观察
250	实验七 酵母菌的形态观察及死活细胞的鉴别

- 251 实验八 霉菌形态的观察
253 实验九 四大类微生物菌落形态的观察比较
254 选做实验
254 实验十 细菌的荚膜染色
256 实验十一 细菌的鞭毛染色法及活细菌运动性观察

261 第十三章 微生物学实训

- 261 必做项目
261 实训一 棉塞的制作、培养基的制备与高压蒸汽灭菌
268 实训二 啤酒生产中麦芽汁的制备
270 实训三 啤酒生产中酵母菌质量的鉴别
273 实训四 微生物的无菌操作与接种技术
277 实训五 制备无菌平板与划线训练
280 实训六 啤酒酵母扩大培养与生长特征观察
283 选做项目
283 实训七 化学药剂对微生物的作用
285 实训八 菌种保藏
287 实训九 米酒的制作

291 第十四章 微生物学综合实验

- 291 实验一 土壤中微生物的分离纯化技术
295 实验二 细菌生长曲线的测定
296 实验三 环境和人体表面微生物的检验
300 实验四 水体中细菌总数的测定
304 实验五 食品中大肠菌群的检验
310 选做实验
310 实验六 病毒的人工培养
312 实验七 微生物的生化反应试验
315 实验八 微生物细胞大小测定
318 实验九 用生长谱法测定微生物的营养要求

320 第十五章 微生物学设计性实验

- 321 设计实验一 检测发酵和食品工业用水微生物的数量
322 设计实验二 微生物技术在食品保鲜中的应用

- 322 设计实验三 从土壤中分离和纯化放线菌
- 323 设计实验四 了解和研究微生物在食品工业中的应用
- 324 设计实验五 检测几种常见消毒剂的杀菌效果

329 附录一 染色液的配制

333 附录二 培养基配制

337 参考文献

第一篇

微生物学基础

第一章 绪 论

学习目标

1. 掌握微生物的概念。
2. 了解微生物在生物界的分类地位。
3. 理解微生物的一般特点。
4. 明确微生物学的研究内容和任务。
5. 了解微生物的基本研究方法。

第一节

微生物学的研究对象、任务和分科

一、微生物的概念及主要类群

(一) 什么是微生物

微生物 (microorganism) 是指广泛存在于自然界中的一大群个体体积微小, 结构简单, 大多是单细胞, 少数是多细胞, 甚至没有细胞结构的低等生物。这些微小的生物必须借助于光学显微镜和电子显微镜才能看清它们的形态结构。

微生物是一个庞杂的大家族, 包括: 不具细胞结构的病毒、单细胞的立克次氏体、细菌、放线菌; 具有完整细胞核的真核微生物, 如霉菌和酵母菌、单细胞藻类、原生动物等; 衣原体、支原体以及比病毒结构还简单的类病毒、朊病毒等也属于微生物。

(二) 微生物的特点

1. 形体微小、结构简单

微生物的个体极其微小，要测量它们，必须用 μm 或 nm 作单位。如一个典型的球菌体积仅为 $1\mu\text{m}^3$ ，小的细菌甚至比大的病毒还要小；有些分子生物甚至比蛋白质分子还要小，如植物双粒病毒，直径仅有 $18\sim 20\text{nm}$ 。它们的结构也是非常简单的，大多数微生物为单细胞，只有少数为简单的多细胞，有的甚至是分子生物。如马铃薯纺锤形块茎病毒（PSTV）仅是由 359 个核苷酸组成的单链环状 RNA，长度为 50nm ；朊病毒仅由蛋白质分子组成。

2. 代谢旺盛，繁殖快速

生物界中，微生物具有惊人的生长繁殖速度，其中二等分裂的细菌尤为突出。人们研究得最透彻的微生物是大肠埃希氏菌（*Escherichia coli*），其细胞在合适的生长条件下，每分裂一次的时间是 $12.5\sim 20.0\text{min}$ 。如按每 20min 繁殖一代，则每小时分裂 3 次， 24h 可繁殖 72 代，一个细胞经过一昼夜的繁殖即可达到 4.722×10^{24} 个。

当然，由于条件的限制，细菌的指数分裂速度只能维持数小时，而在液体培养基中，细菌细胞的浓度一般仅能达到 $10^8\sim 10^9$ 个/mL。微生物的这一特性在发酵工业上体现：生产效率高、发酵周期短。在生物学基本理论研究上的优越性体现：科研周期大大缩短、节省经费、效率提高。但是对于危害人、畜和植物等的病原微生物或使物品发霉的微生物来说，它们的这个特性就会给人类带来极大的麻烦甚至严重的祸害，因而需要认真对待。

3. 适应性强、易变异

微生物对环境条件，特别是“极端环境”具有惊人的和极其灵活的适应性，这是高等动植物无法比拟的，诸如抗热性、抗寒性、抗盐性、抗酸性、抗压力等能力。例如：在海洋深处的某些硫细菌可在 $250\sim 300^\circ\text{C}$ 正常生长；嗜盐细菌可在饱和盐水中正常生长繁殖；氧化硫杆菌（*Thiobacillus thiooxidans*）在 $\text{pH } 0.5\sim 2.0$ （ $5\%\sim 10\%$ 的硫酸）的酸性环境中生长；脱氮硫杆菌生长的最高 pH 为 10.7 ；许多微生物尤其是产芽孢的细菌可在干燥的条件下保存几十年、几百年甚至上千年。

微生物的个体一般都是单倍体，加之它具有繁殖快、数量多以及与外界环境直接接触等原因，虽然微生物的变异频率仅为（ $10^{-6}\sim 10^{-9}$ ），由于世代短、子代众多，因而可在短时间内产生大量变异的后代。变异的表现可涉及形态结构、代谢途径、抗性、代谢产物的种类和产量等。在微生物育种中利用变异这一特性可获得高产菌株，如：以青霉素的产量变异为例，在 1943 年，利用产黄青霉（*Penicillium chrysogenum*）发酵生产青霉素，青霉素发酵液中只分泌约 20 单位/mL 的青霉素。通过诱变现在发酵液中达到 5 万 ~ 10 万单位/mL，成本大大降低。当然，病原菌产生的耐药性变异也很常见。微生物适应性强、易变异的特点在发酵工业中较为有益，但对大多数食品行业则是不利的。