



普通高等教育“十三五”规划教材  
省级精品课程配套教材

食品科学与工程专业主干课程

# 食品 微生物学

主编 桑亚新 李秀婷



FOOD  
MICROBIOLOGY

普通高等教育“十三五”规划教材

# 食品微生物学

桑亚新 李秀婷 主编



 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学/桑亚新, 李秀婷主编. —北京: 中国轻工业出版社,  
2017. 1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0992 - 1

I. ①食… II. ①桑… ②李… III. ①食品微生物—微生物学—  
高等学校—教材 IV. ①TS201. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 184949 号

责任编辑: 苏 杨

策划编辑: 马 妍 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 锋尚设计 责任校对: 晋 洁 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: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 21.25

字 数: 480 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0992 - 1 定价: 48.00 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](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

140831J1X101ZBW

## 本书编审委员会

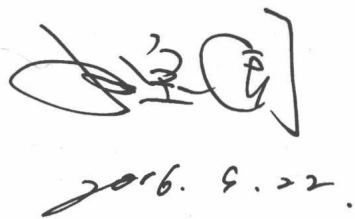
- |     |     |          |
|-----|-----|----------|
| 主 编 | 桑亚新 | 河北农业大学   |
|     | 李秀婷 | 北京工商大学   |
| 副主编 | 李 钰 | 天津科技大学   |
|     | 刘绍军 | 河北科技师范学院 |
|     | 孙纪录 | 河北农业大学   |
| 参 编 | 亢春雨 | 河北农业大学   |
|     | 王志新 | 河北科技大学   |
|     | 刘 畅 | 河北科技师范学院 |
|     | 李贞景 | 天津科技大学   |
|     | 朱运平 | 北京工商大学   |
|     | 张 婵 | 北京工商大学   |
|     | 赵宏飞 | 北京林业大学   |
|     | 梁志宏 | 中国农业大学   |
|     | 韩 军 | 河北农业大学   |
|     | 熊 科 | 北京工商大学   |
|     | 滕 超 | 北京工商大学   |
|     | 主 审 | 王昌禄      |
| 贾英民 |     | 河北科技大学   |
| 韩北忠 |     | 中国农业大学   |



微生物无时无刻不在对人类的生产和生活产生着重大影响。微生物与食品工业关系密切，人类不仅利用微生物发酵生产美味的食品或食品配料以拓展食品种类，而且发现乳酸菌等益生菌对人类健康有重要作用。而一些微生物则可引起食品腐败变质或导致食源性疾病，威胁人类的生命健康，因此控制和尽量减少食品腐败变质以及食源性疾病是保证食品安全重要内容。食品微生物学是专门研究微生物与食品之间相互关系的一门学科，通过研究与食品有关的微生物活动规律，充分利用有益微生物，尽量控制有害微生物，为人类提供既有益于健康、营养丰富又能保证生命安全的食品。

为了紧跟食品微生物教学及科研发展的步伐，本书应运而生，由来自京、津、冀三地七所高校具有丰富一线教学经验的教师合作编著。作为一部基础食品微生物学教材，除了介绍微生物的基本属性和生命活动规律，该书最主要的特色是把食品工业领域涉及的微生物学知识有机地融入普通微生物学的各个章节，既全面、重点地概括了微生物学的基本概念和原理，又突出介绍了食品工业领域中的微生物前沿热点问题。此外，书中的表格、图示、数据以及事例都恰如其分，有助于读者理解文本内容。

食品微生物学是一个非常重要的学科领域，它延伸到世界上每个国家的每个家庭，以及数百亿美元的食品产业，也是食品专业本科生的必修课。本书的针对性很强，具有先进性和导向性，对食品专业师生、食品行业从业者，以及生物学科技人员都有很好的借鉴作用，值得一读。



2016. 9. 22.

食品微生物学既是微生物学的重要分支学科，又是食品科学的重要组成部分，它是专门研究与食品有关的微生物的种类、特性以及微生物与食品的相互关系及其生态条件的一门学科。食品微生物学作为高等院校食品相关专业一门必修专业基础课程，对食品加工和食品质量与安全控制起着非常关键的作用。特别是随着现代生命科学和现代食品工业的迅猛发展，微生物对食品工业发展产生了越来越深刻的影响，已经渗透到食品加工、食品储运、食品安全的各个方面，成为支撑食品工业的重要技术。

食品微生物学教材版本较多，但大都沿用先介绍微生物学基础知识，后介绍实际应用的编写模式。本书的编写思路在于：根据现代微生物学及食品学科发展新特点，强调理论与实践相结合，强调科学性与应用性相结合；将国内特色与国际发展前沿相结合；将理论性与通俗性相结合；在介绍微生物基础知识的同时，进一步突出其在食品中的具体应用，增强该学科的实用性和针对性。

本教材主要特点如下：第一，微生物学与食品专业内容紧密衔接，贯彻始终。在编写时力争突破原有食品微生物教材中“先基础知识、后实际应用”的编写模式，将微生物基础知识与食品专业知识以及生产实践的案例贯穿始终，突出食品专业学科特点。第二，力求简洁、通俗易懂。各章节中尽量将烦琐的文字描述转化为图、表的形式来表现，力求内容直观、形象，易于理解。第三，突出实用性和针对性。以微生物基础知识及其在食品中的应用为主线，全面系统地介绍常见微生物的形态、结构、功能等特征，重点突出其在食品中的应用，突出教材的实用性和针对性。第四，新颖性和前沿性。力求把握本学科领域的前沿，并结合编者自身的科研方向和优势，突出教材的新颖性和学术前沿性。

本教材不仅适合食品科学与工程专业的本科学生使用，也可作为相关科研院所和生产企业的科技人员及工程技术人员的参考书，同时也可作为相关专业研究生的参考教材。

本教材的编写成员汇集了京津冀三地共七所高等院校长期从事食品微生物学教学和科研的中青年学术骨干，他们活跃在教学、科研及生产第一线，既有扎实的理论基础，又有丰富的实践经验，给本书增添了许多新鲜内容。本教材由河北农业大学桑亚新教授和北京工商大学李秀婷教授担任主编。教材编写分工如下：绪论由河北农业大学亢春雨、桑亚新编写；第一章由河北科技大学王志新编写；第二章由河北农业大学韩军、桑亚新编写；第三章由北京工商大学朱运平、李秀婷编写；第四章由河北科技师范学院刘绍军、刘畅编写；第五章由北京工商大学滕超编写；第六章由天津科技大学李钰编写；第七章由北京工商大学熊科、张婵编写；第八章由中国农业大学梁志宏、天津科技大学李贞景编写；第九章由北京林业大学赵宏飞编写；第十章由河北农业大学孙纪录编写。本教材特别邀请天津科技大学王昌禄教授、

河北科技大学贾英民教授和中国农业大学韩北忠教授作为主审。他们在百忙之中对本书提出了许多宝贵的建议和修改意见，在此表示衷心的感谢和敬意！

由于编写任务繁重，加上时间和水平所限，书中存在遗漏和不妥之处在所难免，诚请读者批评指正。

桑亚新

2015 年秋于古城保定

<b>绪论</b> .....	1
一、微生物的概念 .....	1
二、微生物的生物学特点 .....	1
三、微生物学及其分科 .....	3
四、微生物学发展简史 .....	4
五、食品微生物学的概念及研究内容 .....	7
六、食品微生物学的发展过程 .....	8
七、食品微生物的研究热点 .....	10
思考题 .....	12
参考文献 .....	12
<b>第一章 微生物的分类与鉴定</b> .....	14
<b>第一节 微生物的进化与系统发育</b> .....	15
一、微生物的进化 .....	15
二、rRNA 作为最佳生物进化的指征 .....	15
三、rRNA 的序列及进化分析 .....	16
四、系统发育树 .....	17
<b>第二节 微生物的分类单元和命名</b> .....	19
一、微生物的系统分类单元 .....	19
二、微生物的命名 .....	21
<b>第三节 微生物在生物界的地位</b> .....	22
一、生物的界级分类学说 .....	22
二、三域学说及其发展 .....	23
<b>第四节 各大类微生物的分类系统概要</b> .....	24
一、Bergey 氏原核生物分类系统概要 .....	24
二、Ainsworth 等人的菌物分类系统概要 .....	30
<b>第五节 微生物分类鉴定的方法</b> .....	32
一、微生物分类鉴定的依据 .....	32
二、微生物的经典分类鉴定方法 .....	34
三、微生物的现代分类鉴定方法 .....	37



思考题 .....	47
参考文献 .....	47

## 第二章 原核微生物 .....

第一节 细菌 .....	49
一、细菌的形态、大小和排列 .....	50
二、细菌的构造及其功能 .....	52
三、细菌的繁殖及其群体形态 .....	69
第二节 放线菌 .....	71
一、放线菌的形态和构造 .....	72
二、放线菌的繁殖 .....	73
三、放线菌的群体特征 .....	73
第三节 其他原核微生物 .....	74
一、蓝细菌 .....	74
二、古生菌 .....	76
第四节 细菌与食品的关系 .....	80
一、细菌在食品中的有益作用 .....	80
二、细菌与食品腐败变质 .....	88
三、细菌性食物中毒 .....	90
四、食品安全性评价 .....	98
思考题 .....	99
参考文献 .....	100

## 第三章 真核微生物 .....

第一节 酵母菌 .....	103
一、酵母菌的形态和构造 .....	103
二、酵母菌的繁殖方式和生活史 .....	105
三、酵母菌的培养特征 .....	107
第二节 霉菌 .....	108
一、霉菌的形态和构造 .....	108
二、霉菌的繁殖 .....	110
三、霉菌的培养特征 .....	115
第三节 蕈菌 .....	115
一、蕈菌的一般形态和构造 .....	115
二、蕈菌的繁殖方式 .....	116
三、子实体 .....	116
第四节 真菌与食品的关系 .....	117
一、酵母菌在食品中的应用 .....	117
二、霉菌在食品中的应用 .....	126

三、真菌性食物中毒、预防及毒素的检测技术 .....	131
思考题 .....	139
参考文献 .....	139
<b>第四章 病毒</b> .....	142
第一节 病毒 .....	142
一、病毒的特点、形态构造和化学成分 .....	142
二、病毒的分类 .....	144
三、病毒的繁殖方式 .....	145
四、噬菌体概述 .....	146
第二节 亚病毒 .....	147
一、亚病毒概述 .....	147
二、亚病毒的种类 .....	148
第三节 病毒与食品的关系 .....	149
一、噬菌体与食品发酵工业 .....	150
二、病毒介导的食源性疾病 .....	150
思考题 .....	156
参考文献 .....	156
<b>第五章 食品微生物的营养</b> .....	157
第一节 微生物的营养要素 .....	158
一、微生物细胞的化学组成 .....	158
二、营养物质及其生理功能 .....	158
第二节 微生物的营养类型 .....	164
第三节 营养物质进入细胞的方式 .....	166
第四节 培养基 .....	170
一、选用和设计培养基的原则和方法 .....	170
二、培养基的种类 .....	177
三、食品微生物常用培养基 .....	180
思考题 .....	183
参考文献 .....	183
<b>第六章 食品微生物的代谢</b> .....	185
第一节 微生物的能量代谢 .....	186
一、微生物代谢产生 ATP 的方式 .....	186
二、微生物利用葡萄糖的产能代谢途径 .....	187
第二节 微生物的生物氧化 .....	190
一、呼吸链 .....	191

二、化能异养型微生物的生物氧化类型 .....	191
第三节 微生物的初级代谢 .....	201
一、糖代谢 .....	201
二、氨基酸代谢 .....	207
三、蛋白质代谢 .....	209
四、脂类代谢 .....	211
第四节 微生物初级代谢的调节 .....	212
一、酶的调节 .....	212
二、代谢调节在食品工业中的应用 .....	215
第五节 微生物的次级代谢 .....	217
一、次级代谢产物的特征 .....	217
二、次级代谢产物的合成途径 .....	217
三、次级代谢产物的类型 .....	218
四、次级代谢的调节 .....	220
思考题 .....	221
参考文献 .....	221

## 第七章 食品微生物的生长及其控制 .....

第一节 微生物生长繁殖的测定 .....	223
一、测生长量 .....	223
二、计繁殖数 .....	224
第二节 微生物的生长规律 .....	227
一、微生物的个体生长和同步生长 .....	228
二、单细胞微生物的典型生长曲线 .....	230
三、微生物的连续生长 .....	232
第三节 影响微生物生长的主要因素 .....	234
一、温度 .....	234
二、氧气 .....	238
三、pH .....	239
第四节 微生物的培养方式 .....	241
一、好氧培养法 .....	241
二、厌氧培养法 .....	242
三、微生物培养方式在发酵食品生产中的应用 .....	242
第五节 食品腐败与微生物 .....	244
一、食品腐败变质的过程 .....	244
二、常见食品的腐败变质 .....	246
第六节 食品中有害微生物的控制 .....	250
一、相关基本概念 .....	250
二、物理方式 .....	251

三、化学方式 .....	254
四、栅栏技术 .....	256
思考题 .....	257
参考文献 .....	257

## **第八章 食品微生物的遗传与育种** .....

第一节 基因突变和诱变育种 .....	260
一、基因突变 .....	260
二、诱变育种 .....	263
第二节 基因重组和杂交育种 .....	265
一、原核微生物的基因重组 .....	266
二、真核微生物的基因重组 .....	267
三、杂交育种 .....	267
第三节 菌种的衰退、复壮与保藏 .....	268
一、菌种的衰退与复壮 .....	268
二、菌种的保藏 .....	269
思考题 .....	270
参考文献 .....	271

## **第九章 食品微生物的生态** .....

第一节 基本概念 .....	273
一、微生物生态学与微生物生态系统 .....	273
二、微环境 .....	273
三、食品中的微生物生态系 .....	273
第二节 微生物在自然界中的分布与菌种资源的开发 .....	274
一、微生物在自然界中的分布 .....	274
二、菌种资源的开发 .....	279
第三节 微生物与生物环境间的关系 .....	281
一、互生 .....	281
二、共生 .....	281
三、寄生 .....	281
四、拮抗 .....	282
五、捕食 .....	282
第四节 食品的微生物污染 .....	282
一、食品的微生物污染源 .....	282
二、食品的微生物污染途径 .....	285
三、食品中微生物的消长 .....	286
思考题 .....	287
参考文献 .....	288



<b>第十章 免疫学技术及其在食源性微生物检测中的应用</b> .....	289
<b>第一节 免疫学概述</b> .....	289
一、免疫的概念 .....	289
二、抗原 .....	290
三、抗体 .....	293
<b>第二节 血清学技术</b> .....	298
一、凝集反应 .....	298
二、沉淀反应 .....	298
三、免疫标记技术 .....	299
四、其他免疫技术 .....	303
<b>第三节 基于免疫学的微生物快速检测方法及其应用</b> .....	306
一、免疫磁性分离技术 .....	306
二、反向被动乳胶凝集法 .....	309
三、酶联免疫吸附测定 .....	310
四、免疫荧光法 .....	313
五、侧流免疫层析法 .....	314
六、流式细胞分析 .....	316
<b>第四节 基于免疫学的检测微生物的生物传感器及其应用</b> .....	317
一、光纤免疫传感器 .....	318
二、表面等离子体共振免疫传感器 .....	319
三、电化学免疫传感器 .....	321
四、压电生物传感器 .....	322
五、细胞传感器 .....	323
<b>思考题</b> .....	324
<b>参考文献</b> .....	324

# 绪论

## 学习目的与要求

1. 掌握微生物的概念和生物学特征。
2. 了解微生物学的形成与发展以及食品微生物学的研究内容与任务。

## 学习重点与难点

重点是微生物的概念和特性，以及食品微生物学的主要研究内容。

在生命世界中，除了人们肉眼可见的植物、动物外，还有许多肉眼看不见的微小生命体——微生物。微生物与人类社会和文明的发展有着极为密切的关系，当今的人类生活已难以离开微生物所做的直接或间接贡献。在食品工业、食品安全领域中，微生物也扮演着极为重要的角色。这些微小的生命体已经参与到食品的加工、贮藏、食品的腐败变质、食物中毒及食源性疾病的方方面面。

## 一、微生物的概念

微生物 (microorganism, microbe) 是指一类个体微小 (一般  $< 0.1\text{mm}$ )、结构简单、肉眼不可见的单细胞、多细胞或没有细胞结构的微小生物的总称。

由于划分微生物的标准仅是形态大小，故其成员极广，包括：无细胞结构不能独立生活的病毒、亚病毒 (类病毒、拟病毒、朊病毒等)，具原核细胞结构的细菌 (真细菌和古细菌)、放线菌、蓝细菌、支原体、立克次氏体和衣原体，以及具有真核细胞结构的真菌 (酵母、霉菌、蕈菌等)、显微藻类、原生动物等。

## 二、微生物的生物学特点

微生物与动、植物相比，具有以下共同的特点。

### （一）体积小、比表面积大

在形态上，微生物个体十分微小，肉眼看不见，需用显微镜观察，细胞大小以微米和纳米来计算。一个物体的体积越小，其比表面积（指某一物体单位体积所占有的表面积）就越大。微生物是一个突出的小体积、大面积系统，如乳酸乳杆菌（*Lactobacillus lactis*）的比表面积约为12万，而一个鸡蛋的比表面积约为1.5，一个90kg的人的比表面积只有约0.3。一个小体积大面积系统，必然具有一个巨大的营养物质吸收面、代谢废物的排泄面和环境信息的交换面，从而赋予微生物不同于其他生物的特性。个体微小这一特性是微生物具有其他特性的基础。

### （二）生长旺、繁殖快

微生物的生长繁殖速度非常惊人。以细菌为例，一般每隔20~30min即可分裂1次，细胞的数目就要比原来增加1倍。假如1个细菌20min分裂1次，而且每个子细胞都具有同样的繁殖能力，那么24h后可以达到( $2^{72}$ )个细菌。如果按每10亿个细菌质量为1mg计算，则( $2^{72}$ )个细菌的质量超过4722t。假使再这样繁殖4~5d，它就会形成和地球同样质量的物体。当然，由于种种因素限制，这种情况并不存在。

微生物这种惊人的繁殖速度为在短时间内获得大量的菌体提供了极为有利的条件。例如，利用培养酵母菌来生产蛋白质，一般每隔8~12h就可“收获”1次，而农作物一般要每年才能收获1次。有人统计，一头500kg的肉牛每昼夜只能从食物中“生产”0.5kg蛋白质，同样重的大豆在适宜条件下24h可生产50kg蛋白质，而同样重的酵母菌在24h内可以合成50000kg优良的蛋白质。

### （三）食谱广、代谢旺

微生物利用物质的能力很强。凡是能被动、植物利用的物质，例如蛋白质、糖类、脂肪及无机盐等，微生物都能利用。有些不能被动、植物利用的物质，也能找到能利用它们的微生物，例如纤维素、石油、塑料等，不少微生物能将它们分解。微生物这个特点有利于开展综合利用，变废为宝，为社会创造财富。有些农副产品可以进一步加工，如秸秆中的纤维素被特定微生物分解成单糖，进行酒精发酵可以提高农副产品的利用率。然而，对人类有用的食品、原材料，由于保存不当，微生物也会侵染，从而造成浪费。

微生物虽然很小，“胃口”却很大，代谢作用十分旺盛，素有小型“活的化工厂”之称。从单位质量来看，微生物代谢强度比高等动物的代谢强度要大几千倍甚至几万倍。例如，1kg酒精酵母1d内能“消耗”掉几千千克糖，把它转变为酒精。从工业生产的角度来看，它能够把基质较多地转变为有用的产品。“代谢旺”的另一个表现形式就是微生物的代谢类型非常多，有些是动、植物所不具有的，例如生物固氮作用等。在生产实践中，应用这个特点不仅可以获得种类繁多的发酵产品，而且可以找到比较简便的生产工艺路线。但是，若食品碰上了腐败微生物，发酵污染了杂菌，代谢越旺盛，损失就越大。

### （四）分布广、适应强

微生物在自然界中的分布是极其广泛的。上至几万米的高空，下至数千米的深海；高达90℃的温泉，冷至-80℃的南极；盐湖、沙漠；人体内外，动植物组织；化脓的伤口、隔夜的饭菜等到处都留下了微生物的足迹，真可以说是无微不至、无孔不入。微生物虽然分布广泛，但其分布密度是不一样的，它随着外界环境条件的不同而异。一般来说，外界环境条件

适宜, 有机物质丰富的地方, 微生物的种类和数量就多。土壤是微生物的“大本营”, 1g 肥土含有几十亿个微生物。相反, 如果营养缺乏, 条件恶劣, 微生物的种类和数量就大大减少。微生物分布广泛, 对人类来讲, 有其有利的一面, 我们可以更好地开发菌种资源, 从各种场所筛选到所需要的微生物。但是如果不加注意, 也会引起麻烦。

微生物对外界环境条件的适应能力很强, 善于随“机”应变, 从而使自己得到保存。有些微生物在其身体外面添上“保护层”——荚膜, 提高了自己对外界环境的抵抗能力。微生物最拿手的本领是可以形成休眠体, 然后长期进入休眠状态, 例如细菌的芽孢、放线菌的分生孢子、真菌的各种孢子等。这些孢子较之营养体具有更强的抵抗不良环境的能力, 一般能存活数月或数年, 甚至几十年。另一方面, 当外界条件十分恶劣时, 虽然大部分个体都因抵抗不住而被淘汰, 但仍有少数“顽固分子”会发生某种“变异”而生存下来。

### (五) 种类多、易变异

微生物种类繁多, 据估计, 微生物的种类总数在 50 万~600 万种, 其中已记载过的仅约 20 万种 (1995 年), 随着人们对微生物研究的不断深入, 微生物种类以及数量还在急剧扩增。

微生物个体结构简单, 加之具有繁殖快、比表面积大、与外界环境直接接触等特点, 使其易于受到外界环境影响产生变异体, 其变异频率一般为  $10^{-10} \sim 10^{-5}$ , 可在短时间内产生出大量变异后代。在生产实践中, 常利用这个特点来诱变育种。例如, 人们常常利用物理或化学因素对微生物进行诱变, 从而改变它的遗传性质和代谢途径, 使之适应于人类提供的条件, 满足提高产量或简化工艺的需要。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。

## 三、微生物学及其分科

### (一) 微生物学概念

微生物学 (microbiology) 是研究微生物在一定条件下的形态结构、生理生化、遗传变异以及进化、分类、生态等生命活动规律及其应用的一门学科。其根本任务是发掘、利用、改善和保护有益微生物, 控制、消灭或改造有害微生物。

### (二) 微生物学的分支学科

随着微生物学的不断发展, 已形成了基础微生物学和应用微生物学两大类。

#### 1. 基础微生物学

基础微生物学是研究微生物的基本生命活动规律的科学。

(1) 按研究对象可以分为细菌学、真菌学、病毒学、菌物学、藻类学和原生动物学。

(2) 按生物学功能可以分为微生物生理学、微生物生态学、微生物遗传学、分子微生物学和细胞微生物学。

#### 2. 应用微生物学

应用微生物学是研究微生物在各学科领域中的应用的科学。

(1) 按生态环境可以分为土壤微生物学、海洋微生物学、环境微生物学、水微生物学和宇宙微生物学。

(2) 按技术与工艺可以分为分析微生物学、微生物技术学和发酵微生物学。

(3) 按应用范围可以分为工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学、药学微生物学。



学、食品微生物学和预防微生物学。

随着微生物学的不断发展，还可能产生许多交叉学科和边缘学科。

#### 四、微生物学发展简史

人类在长期的生产实践中利用微生物，认识微生物，研究微生物，改造微生物，使微生物学的研究工作日益得到深入和发展。微生物学的发展过程一般可分为五个时期：史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期（表0-1）。

表0-1 微生物学的发展简史

发展阶段	时间	特点	代表人物
史前期	约8000年前—1676年	已有利用微生物进行生产实践的经验，但未发现微生物的存在	各国劳动人民
初创期	1676—1861年	发现微生物的存在，对一些微生物进行形态描述	安东尼·列文虎克 (Antony van Leeuwenhoek)
奠基期	1861—1897年	开创了寻找病原菌的黄金时期，从形态描述发展到生理学研究的水平	路易·巴斯德 (Louis Pasteur)、 罗伯特·科赫 (Robert Koch)
发展期	1897—1953年	用无细胞酵母汁发酵酒精成功，开创了微生物生化研究的新阶段；普通微生物学开始形成	爱德华·布赫纳 (Eduard Buchner)
成熟期	1953年至今	微生物研究进入分子生物学水平，微生物学的基础理论和实验技术推动了生命科学领域巨大发展	沃森 (J. Watson) 和 克里克 (F. Crick)

##### (一) 史前期 (约8000年前—1676年)

人类在没有真正看到微生物个体之前，虽然还不知道有微生物存在，但是在生产实践和日常生活中已经开始利用微生物，并且积累了丰富的经验。利用得最早、最多的领域是食品和酿造行业。在这方面，我国古代劳动人民尤为突出，做出了重大的贡献。远在4000多年以前的龙山文化时期，我国劳动人民就会利用微生物酿酒。公元前5世纪，我国劳动人民还最早利用微生物生产了酱油、食醋和腐乳等发酵调味品。春秋战国时期，这些发酵调味品已经成为当时较受人们欢迎的食品。这个时期的特点是人们已有利用微生物进行生产实践的经验，但未发现微生物的存在。

##### (二) 初创期 (1676—1861年)

17世纪末叶，资本主义开始发展。由于航海业的需要，促进了光学技术的研究，使显微镜的制造有了可能。荷兰人安东尼·列文虎克当过布店学徒，做过市府看门人。他没有受过正规教育，但对自然科学具有浓厚的兴趣，特别爱好利用业余时间磨制透镜，终于做成了能放大50~300倍的显微镜。他利用自制的显微镜，观察雨水、牙垢、腐败物、血液等，于1675年第一次观察到原生动物，1683年又发现细菌。他把这些微小生物称为“微动物”，并描绘成图，于1695年发表了《安东尼·列文虎克所发现的自然界的秘密》的论文（图