

中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材



食品微生物

河南省漯河市食品工业学校组织编写

吴坤 主编



化学工业出版社

中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材



食品微生物

河南省漯河市食品工业学校组织编写

吴 坤 主编

徐淑霞 唐艳红 王树宁 副主编



化学工业出版社

·北京·

林慧俊“五一十”业专类品食效学业职等中

本书是《中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材》中的一个分册。

本书是一部关于食品微生物基本理论及在食品行业应用的实用技能型教材，简单介绍了食品微生物的发展历史和研究内容，详述了食品微生物的形态、培养、遗传变异以及在食品加工、保藏等领域的应用。主要包括食品微生物的形态、微生物的培养、微生物菌种的选育和保藏、微生物与食品变质、微生物与食品保藏、微生物在食品发酵工业中的应用、微生物检验与食品安全控制、微生物学实验等内容。

本书可作为中等职业学校食品类专业的教材，也可作为食品发酵企业技术人员和工人的参考书。

主 编 李元瑞 詹耀勇

主 任 高愿军

副主任 吴 坤 张文正 张中义 赵 良 吴祖兴 张春晖

委 员 高愿军 吴 坤 张文正 张中义 赵 良 吴祖兴

食品微生物

刘新

张春晖

高愿军

吴 坤

张文正

张中义

赵 良

吴祖兴

张春晖

张 颖

张 颖

张 颖

张 颖

张 颖

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物/吴坤主编. —北京:化学工业出版社, 2008.1

中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-01552-5

I. 食… II. 吴… III. 食品微生物-专业学校-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 179083 号

责任编辑:侯玉周
责任校对:陈 静

文字编辑:张春娥
装帧设计:郑小红

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张14 字数275千字 2008年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

《中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材》编委会

顾 问 李元瑞 詹耀勇

主 任 高愿军

副主任 吴 坤 张文正 张中义 赵 良 吴祖兴 张春晖

委 员 高愿军 吴 坤 张文正 张中义 赵 良 吴祖兴

张春晖 刘延奇 申晓琳 孟宏昌 严佩峰 祝美云

刘新有 高 晗 魏新军 张 露 隋继学 张军合

崔惠玲 路建峰 南海娟 司俊玲 赵秋波 樊振江

《食品微生物》编写人员

主 编 吴 坤

副 主 编 徐淑霞 唐艳红 王树宁

参编人员 苏建党 郑亚鹏 赵国品 王海伟

前 言

食品微生物技术不仅贯穿于各类食品的加工、流通、储存、销售、消费等各个过程，也是食品生产和加工方式和手段之一。近年来食品安全问题日显突出，但其核心问题依然是微生物学问题；发酵工业是食品工业的基本组成之一，现代生物技术食品工业中的切入和应用也是以微生物发酵技术为先导的，因此，食品微生物学不仅是食品专业的重要基础课程，也逐步具备了一定的专业课程特质。

现如今，我国食品专业已有的高校本科及大专毕业生远不能满足和适应食品工业发展的需要。在这种形势下，许多中等职业学校、高职高专相继开设了食品微生物学课程。然而，目前国内尚缺乏一套适合中等职业学校食品加工专业学生使用的教材。为此，在漯河市食品工业学校的组织下，由化学工业出版社出版发行《中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材》。本书作为该系列教材之一，在内容安排上尽可能体现实用性，也力求反映已经在生产实践中应用的新理论和新技术。本书可作为中等职业学校相关专业的教学用书，也可作为食品企业技术人员和技术工人参考用书。

本书由吴坤任主编，徐淑霞、唐艳红和王树宁任副主编，是在河南农业大学（吴坤、徐淑霞）、漯河市食品工业学校（唐艳红、苏建党、郑亚鹏、赵国品、王海伟）和河南科技学院（王树宁）等单位从事教学和研究工作的老师和专家们的共同参与下完成的。编写分工如下：吴坤编写绪论，王海伟编写第一章，赵国品编写第二、四章，郑亚鹏编写第三章，苏建党编写第五章，徐淑霞编写第六章，王树宁编写第七章，唐艳红编写第八章。本书编写过程中，得到化学工业出版社和漯河市食品工业学校的大力支持，在此深表感谢！

由于编者水平有限，不当之处在所难免，恳请读者多提宝贵意见。

编者

2007年10月

前 序

食品工业是关系国计民生的重要工业，也是一个国家、一个民族经济社会发展水平和人民生活质量的重要标志。经过改革开放 20 多年的快速发展，我国食品工业已成为国民经济的重要产业，在经济社会发展中具有举足轻重的地位和作用。

现代食品工业是建立在对食品原料、半成品、制成品的化学、物理、生物特性深刻认识的基础上，利用现代先进技术和装备进行加工和制造的现代工业。建设和发展现代食品工业，需要一批具有扎实基础理论和创新能力的研发者，更需要一大批具有良好素质和实践技能的从业者。顺应我国经济社会发展的需求，国务院做出了大力发展职业教育的决定，办好职业教育已成为政府和有识之士的共同愿望及责任。

河南省漯河市食品工业学校自 1997 年成立以来，紧紧围绕漯河市建设中国食品名城的战略目标，贴近市场办学、实行定向培养、开展“订单教育”，为区域经济发展培养了一批批实用技能型人才。在多年的办学实践中学校及教师深感一套实用教材的重要性，鉴于此，由学校牵头并组织相关院校一批基础知识厚实、实践能力强的教师编写了这套《中等职业学校食品类专业“十一五”规划教材》。基于适应产业发展，提升培养技能型人才的能力；工学结合、重在技能培养，提高职业教育服务就业的能力；适应企业需求、服务一线，增强职业教育服务企业的技术提升及技术创新能力的共识，经过编者的辛勤努力，此套教材将付梓出版。该套教材的内容反映了食品工业新技术、新工艺、新设备、新产品，并着力突出实用技能教育的特色，兼具科学性、先进性、适用性、实用性，是一套中职食品类专业的好教材，也是食品类专业广大从业人员及院校师生的良师益友。期望该套教材在推进我国食品类专业教育的事业上发挥积极有益的作用。

食品工程学教授、博士生导师 李元瑞

2007 年 4 月

目 录

| | |
|------------------|----|
| 绪论 | 1 |
| 一、微生物及其在生物分类中的地位 | 1 |
| 二、微生物的五大特点 | 1 |
| 三、微生物学的发展简史 | 4 |
| 四、微生物学及其主要分支学科 | 6 |
| 五、食品微生物学的研究内容和任务 | 6 |
| 复习题 | 8 |
| 第一章 微生物的形态 | 9 |
| 第一节 细菌 | 9 |
| 一、细菌的形态 | 9 |
| 二、细菌的细胞构造 | 13 |
| 三、细菌的繁殖方式 | 17 |
| 四、食品中常见的细菌 | 17 |
| 第二节 放线菌 | 18 |
| 一、放线菌的形态 | 18 |
| 二、放线菌的细胞构造 | 20 |
| 三、放线菌的繁殖方式 | 20 |
| 四、食品中常见的放线菌 | 20 |
| 第三节 酵母菌 | 21 |
| 一、酵母菌的形态 | 21 |
| 二、酵母菌的细胞构造 | 21 |
| 三、酵母菌的繁殖方式 | 22 |
| 四、食品中常见的酵母菌 | 24 |
| 第四节 霉菌 | 25 |
| 一、霉菌的形态 | 25 |
| 二、霉菌的细胞构造 | 26 |
| 三、霉菌的繁殖方式 | 26 |
| 四、霉菌的生长条件 | 29 |
| 五、食品中常见的霉菌 | 29 |
| 第五节 病毒 | 32 |
| 一、病毒简介 | 32 |
| 二、噬菌体的形态与结构 | 34 |
| 三、噬菌体的复制过程 | 35 |

| | | |
|----|------------------------|----|
| | 四、噬菌体对食品工业的危害和防治 | 36 |
| | 复习题 | 36 |
| | 第二章 微生物的培养 | 38 |
| | 第一节 微生物的营养 | 38 |
| 1 | 一、微生物细胞的组成 | 38 |
| 1 | 二、微生物的营养来源 | 39 |
| 1 | 三、微生物的营养类型 | 41 |
| 4 | 四、营养物质进入细胞的方式 | 43 |
| 0 | 第二节 微生物的培养基 | 45 |
| 0 | 一、培养基的配制原则 | 45 |
| 8 | 二、培养基的类型 | 46 |
| 0 | 三、培养基的制备 | 49 |
| 0 | 第三节 微生物的生长 | 51 |
| 0 | 一、微生物的生长规律 | 51 |
| 81 | 二、环境因素对微生物的影响 | 54 |
| 11 | 三、微生物的控制 | 59 |
| 11 | 复习题 | 61 |
| 81 | 第三章 微生物菌种的选育与保藏 | 62 |
| 81 | 第一节 微生物的遗传和变异 | 62 |
| 08 | 一、概述 | 62 |
| 08 | 二、遗传和变异的物质基础 | 64 |
| 08 | 三、微生物的变异 | 65 |
| 18 | 第二节 微生物菌种选育 | 68 |
| 18 | 一、自然选育 | 68 |
| 18 | 二、从生产实践中选种 | 70 |
| 88 | 三、人工育种 | 70 |
| 18 | 第三节 菌种的衰退、复壮和保藏 | 71 |
| 88 | 一、菌种衰退 | 71 |
| 88 | 二、菌种的复壮 | 72 |
| 88 | 三、菌种的保藏 | 73 |
| 88 | 复习题 | 74 |
| 08 | 第四章 微生物与食品变质 | 75 |
| 08 | 第一节 食品变质与微生物的生长 | 75 |
| 88 | 一、食品特性与微生物的生长 | 76 |
| 88 | 二、引起食品变质的微生物 | 76 |
| 18 | 第二节 肉及肉制品中的微生物 | 78 |
| 88 | 一、微生物的污染与肉的变质 | 79 |

| | | |
|-----|-----------------------|-----|
| 79 | 二、不同状态肉类中的微生物类群 | 79 |
| 80 | 三、肉的变质形式与微生物的生长 | 80 |
| 81 | 第三节 乳及乳制品中的微生物 | 81 |
| 81 | 一、微生物的污染与乳的变质 | 81 |
| 83 | 二、不同形式乳中的微生物类群 | 83 |
| 84 | 三、乳的变质形式与微生物的生长 | 84 |
| 85 | 四、微生物在乳品中的作用 | 85 |
| 85 | 第四节 罐藏食品中的微生物 | 85 |
| 86 | 一、微生物的污染与罐藏食品的变质 | 86 |
| 86 | 二、罐藏食品中的微生物类群 | 86 |
| 88 | 三、罐藏食品的变质形式与微生物的生长 | 88 |
| 89 | 第五节 蛋及蛋制品中的微生物 | 89 |
| 90 | 一、微生物的污染与蛋的变质 | 90 |
| 90 | 二、不同形式的蛋及蛋制品中的微生物类群 | 90 |
| 91 | 三、蛋的变质形式与微生物的生长 | 91 |
| 92 | 第六节 果蔬及其制品中的微生物 | 92 |
| 92 | 一、微生物的污染与果蔬及果蔬汁的变质 | 92 |
| 93 | 二、新鲜果蔬和果蔬汁中的微生物类群 | 93 |
| 94 | 三、果蔬和果蔬汁的变质形式与微生物的生长 | 94 |
| 94 | 第七节 鱼贝类及其制品中的微生物 | 94 |
| 95 | 一、微生物的污染与鱼贝类及其制品的变质 | 95 |
| 95 | 二、不同形式鱼贝类及其制品中的微生物类群 | 95 |
| 96 | 三、鱼贝类及其制品的变质形式与微生物的生长 | 96 |
| 96 | 第八节 其他食品中的微生物学 | 96 |
| 97 | 复习题 | 97 |
| 98 | 第五章 微生物与食品保藏 | 98 |
| 98 | 第一节 食品污染 | 98 |
| 98 | 第二节 食品保藏中的微生物学问题 | 98 |
| 99 | 一、预防食品的微生物污染 | 99 |
| 100 | 二、食品中微生物的减少和去除 | 100 |
| 101 | 三、控制食品中的微生物生长与繁殖 | 101 |
| 101 | 第三节 食品的杀菌与保藏 | 101 |
| 101 | 一、食品的加热杀菌保藏 | 101 |
| 105 | 二、食品的非加热杀菌保藏 | 105 |
| 109 | 三、利用低温保藏食品 | 109 |
| 110 | 四、利用干燥保藏食品 | 110 |
| 112 | 五、食品的化学保藏 | 112 |

| | | |
|-----|------------------------------------|-----|
| 87 | 复习题 | 115 |
| 02 | 第六章 微生物在食品发酵工业中的应用 | 116 |
| 18 | 第一节 微生物在调味品生产中的应用 | 116 |
| 18 | 一、味精 | 116 |
| 88 | 二、食醋 | 121 |
| 18 | 三、酱油 | 126 |
| 88 | 第二节 微生物在酿酒工业中的应用 | 130 |
| 88 | 一、啤酒 | 130 |
| 88 | 二、葡萄酒 | 134 |
| 88 | 第三节 微生物在有机酸生产中的应用 | 136 |
| 88 | 一、柠檬酸 | 136 |
| 88 | 二、苹果酸 | 137 |
| 00 | 第四节 微生物与发酵乳制品 | 139 |
| 00 | 一、用于乳制品发酵生产的乳酸菌种类 | 139 |
| 10 | 二、乳酸菌发酵生产乳制品的工艺流程 | 139 |
| 80 | 三、乳酸菌在酸奶生产中的应用 | 140 |
| 80 | 第五节 微生物与发酵肉制品 | 140 |
| 80 | 一、发酵肉制品的生产工艺 | 140 |
| 10 | 二、发酵剂在发酵肉制品中的作用 | 141 |
| 10 | 第六节 发酵蔬菜 | 144 |
| 80 | 复习题 | 144 |
| 80 | 第七章 微生物检验与食品安全控制 | 145 |
| 80 | 第一节 微生物与食物中毒 | 145 |
| 80 | 一、细菌与细菌毒素 | 145 |
| 70 | 二、真菌毒素 | 152 |
| 80 | 三、病原微生物 | 155 |
| 80 | 第二节 微生物检验技术 | 167 |
| 80 | 一、样品采集与送检 | 167 |
| 00 | 二、显微镜检验 | 168 |
| 001 | 三、培养检查 | 169 |
| 101 | 四、生化试验 | 171 |
| 101 | 五、血清学检验 | 173 |
| 101 | 六、动物试验 | 179 |
| 201 | 复习题 | 180 |
| 001 | 第八章 食品微生物学实验 | 181 |
| 011 | 实验一 常用玻璃器皿的清洗、包扎和干热灭菌 | 181 |
| 811 | 实验二 显微镜的使用和维护 | 186 |

| | | |
|------|-------------------------|-----|
| 实验三 | 细菌的革兰染色法 | 190 |
| 实验四 | 酵母菌的形态观察及死、活细胞的鉴别 | 192 |
| 实验五 | 霉菌的形态观察 | 194 |
| 实验六 | 培养基的制备和灭菌 | 195 |
| 实验七 | 高压蒸汽灭菌 | 198 |
| 实验八 | 微生物的分离、接种与培养 | 200 |
| 实验九 | 甜米酒的制作 | 204 |
| 实验十 | 酸牛奶的制作 | 206 |
| 附录 | | 208 |
| 附录一 | 常用培养基配方 | 208 |
| 附录二 | 常用染色液的配制 | 209 |
| 附录三 | 常用消毒剂和杀菌剂的配制 | 210 |
| 参考文献 | | 211 |

绪论

一、微生物及其在生物分类中的地位

1. 什么是微生物

微生物并非生物分类学上的名词，而是对一切肉眼看不见或看不清的微小生物的总称。但也有例外，如许多真菌子实体、蘑菇等常肉眼可见，某些藻类甚至能生长几米长。根据是否有细胞结构及细胞核结构的不同，微生物可分为无细胞结构的病毒、亚病毒；具有原核的细菌（真细菌和古生菌）、放线菌、蓝细菌（旧称“蓝绿藻”或“蓝藻”）、支原体、衣原体和立克次体；具有真核的真菌（酵母菌、霉菌和蕈菌）、原生动物和藻类。

2. 微生物在生物界中的地位

生物分类工作是在 200 多年前 Linnaeus(1707—1778) 的工作基础上建立的。他将生物划分为植物界和动物界。自从发现了微生物以后，科学家习惯地把它们分别归入动物和植物的低等类型。但是，有些微生物具有动物和植物共同的特征，将它们归入动物界或植物界都不合适。因此，在 1866 年 Haeckel 提出三界系统，把生物分为动物界、植物界和原生生物界，将那些既非典型动物、也非典型植物的单细胞微生物归属于原生生物界。到 20 世纪 50 年代，人们利用电子显微镜观察了微生物细胞的内部结构，发现典型细菌的核与其他原生动物的核有很大不同。在此基础上，1969 年 Whittaker 提出生物分类的五界系统，包括原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界和动物界。微生物分别归属于五界中的前三界，其中原核生物界包括各类细菌，原生生物界包括单细胞藻类和原生动物，而真菌界包括真菌和黏菌。虽然无细胞结构的病毒不包含在这五界中，但微生物学家一直在研究它们。在 20 世纪 70 年代末美国伊利诺斯大学的 C. R. Woese 等人对大量微生物和其他生物进行 16S rRNA 和 18S rRNA 的寡核苷酸测序，并比较其同源性后，提出了一个与以往各种界级系统不同的新系统，称为三域学说。三域指的是细菌域、古生菌域和真核生物域。

二、微生物的五大特点

微生物由于其体形均极其微小，因而具有一系列与之密切相关的五大共同特

点，即体积小，面积大；代谢活力强；繁殖速度快；适应性强，容易变异；种类多，分布广。

1. 体积小，面积大

测量微生物大小的单位为微米 (μm) 或纳米 (nm)。现以微生物的典型代表细菌为例来说明其个体的大小。细菌中最常见的是杆菌，它们的平均长度约 $2\mu\text{m}$ ，1500 个杆菌首尾相连，等于一粒芝麻的长度。杆菌的宽度大多数仅 $0.5\mu\text{m}$ ，60~80 个杆菌“肩并肩”排列起来，也只相当于一根头发的直径。细菌的体重更是微乎其微，10 亿~100 亿个细菌的质量约为 1mg。

我们知道，任何物体被分割得越细，其单位体积所占有的面积就越大。如将人体的“面积/体积”比值定为 1 的话，大肠杆菌的比值则高达 30 万！由于微生物是一个如此突出的小体积大面积系统，必然有一个巨大的营养物质吸收面、代谢废物排泄面和环境信息交换面，并由此而产生其余 4 个特点。

2. 代谢活力强

有资料表明，大肠杆菌在 1h 内可分解其自重 1000~10000 倍的乳糖；产朊假丝酵母合成蛋白质的能力比大豆高 100 倍，比食用公牛高 10 万倍；一些微生物的呼吸速率也比高等动物、植物的组织高十至数百倍。

这个特性为微生物的高速生长繁殖和合成大量代谢产物提供了充分的物质基础，从而使微生物能在自然界和人类实践中更好地发挥其微型“生物化工厂”的作用。

3. 繁殖速度快

微生物具有极高的生长和繁殖速度。按体重增加一倍的时间来说，猪需要三四十天，而生长最慢的微生物也只需要几个小时就足够了。一种至今被人类研究得最透彻的微生物——大肠杆菌，在合适的条件下，细胞分裂一次仅需 12.5~20min。如按平均 20min 分裂一次计，1h 可分裂 3 次，一昼夜可分裂 72 次，后代数为 2^{27} 个 (约重 4722t)。

当然，由于营养、空间和代谢产物等条件的限制，细菌的指数分裂速度最多只能维持数小时。因而在液体培养基中，细菌的细胞浓度一般仅达 $10^8\sim 10^9$ 个/mL。

微生物的这一特性在发酵工业中具有重要的意义，主要表现为生产效率高、发酵周期短。酵母菌进行人工培养，只要提供良好的条件，一天能收获两次，每年可收获数百次。一头 500kg 重的食用公牛，每昼夜只能从食物中“浓缩”0.5kg 重的蛋白质，而同样重的酵母菌，只需提供质量较次的糖液 (如糖蜜) 和氨水，在 24h 内就能合成 50000kg 优良蛋白质。这对缓解当前人类面临的人口增长与食物匮乏的矛盾有着非常重大的意义。但另一方面，在食品加工和储运过程中，食品中的微生物也可以造成食品快速腐败和变质，导致食品食用品质的降低甚至丧失。

4. 适应性强，容易变异

由于微生物的小体积、大面积，因而具有极其灵活的适应性或代谢调节机制，这是任何高等动物、植物所无法比拟的。微生物对环境尤其是恶劣的“极端环境”所具有的惊人适应力，堪称生物界之最。例如：在海洋深处的某些硫细菌可在 250℃ 甚至 300℃ 的高温条件下正常生长；大多数细菌能耐 -196 (液氮) ~ 0℃ 的低温，甚至在一 253℃ (液态氢) 仍能保持生命；一些嗜盐菌甚至能在 32% 左右的饱和盐水中正常生活；许多微生物尤其是产芽孢的细菌可在干燥条件下保藏几十年、几百年甚至上千年；氧化硫硫杆菌是耐酸菌的典型，它的一些菌株能生长在 5% ~ 10% 的硫酸中；有些耐碱的微生物如脱氮硫杆菌的生长最高 pH 为 10.7，青霉和曲霉也能在 pH9 ~ 11 的碱性条件下生长。

微生物的个体一般都是单细胞、简单多细胞甚至是非细胞的，它们通常都是单倍体，加之具有繁殖快、数量多以及与外界环境直接接触等特点，因此即使其自然变异频率十分低 ($10^{-10} \sim 10^{-5}$)，也可在短时间内产生大量变异的后代。有益的变异可以为人类创造巨大的经济和社会效益。例如：食品工业中所用的调味剂——柠檬酸生产，在最初的发酵液中，必须添加黄血盐以除掉铁离子或添加甲醇作抑制剂，才能大量积累柠檬酸。经过诱变处理，改变了生产菌种对铁离子的敏感性，直接利用废糖蜜就可以进行发酵生产柠檬酸。

微生物适应性强、容易变异这一特点对发酵工业较为有利，而对大多数的食品行业则不利。例如：对于罐头食品的灭菌，微生物的芽孢不易被杀死而残留下来，当条件适宜时，则可复苏繁殖，造成罐头食品产酸、产气乃至腐败变质。

5. 种类多，分布广

在地球上，微生物的分布可谓无孔不入。微生物只怕“明火”，因此地球上除了火山中心区域等少数地方外，从土壤圈、水圈、大气圈到岩石圈，到处都有它们的踪迹。在自然界中，上至数万米的高空，下至深深的海底都有大量与其相适应的微生物的存在。动物、植物体内外也有大量的微生物存在，例如：在人体肠道中，经常聚居着 100 ~ 400 种不同种类的微生物，个体总数大于 100 万亿，重量约等于粪便干重的 1/3。

微生物的种类多主要体现在以下 3 个方面。

① 迄今为止，我们所知道的动物约有 150 万种，植物约有 50 万种，而据估计，微生物的总数在 50 万 ~ 600 万种之间。由于微生物的发现和研究比动物、植物晚很多，加上鉴定种的工作较为困难，目前已经记载的微生物种数约有 20 万种，包括原核生物 3500 种、病毒 4000 种、真菌 9 万种、原生动物和藻类 10 万种。

② 微生物的生理代谢类型之多是动物、植物所不能比拟的。例如：分解地球上储量最丰富的初级有机物——天然气、石油、纤维素、木质素的能力为微生物所

垄断；微生物有着最多样的产能方式，如光合细菌的光合作用、自养细菌的化能合成作用；生物固氮作用；生物转化作用；以及分解氰、酚、多氯联苯等有毒和剧毒物质的能力等。

③ 代谢产物的多样性。微生物究竟能产生多少种代谢产物是一个无法准确回答的问题。20世纪80年代末曾有人统计为7890种，1992年又有人报道仅微生物产生的次生代谢产物就有16500种，且每年还在以500种新化合物的速度增长。

微生物种类多、分布广这一特点，为人类在新世纪中进一步开发利用微生物资源提供了无限广阔的前景。

以上介绍的是一切微生物所共有的五大特点。五大特点的基础是其小体积、大面积的独特体制，由这一特点可衍生出其他四个特点。对人类来说这五个特点是既有利又有弊的，我们学习微生物的目的在于能兴利除弊、趋利避害。

三、微生物学的发展简史

微生物学的发展简史可以概括为以下5个时期。

1. 史前期

自古以来，人类在日常生活和生产实践中就已经觉察到微生物的生命活动及其作用。早在4000多年前的龙山文化时期，我们的祖先已能用谷物酿酒。殷商时代的甲骨文上也有酒、醴（甜酒）等的记载。在古希腊的石刻上，记有酿酒的操作过程。在很早以前，我们的祖先就在狂犬病、伤寒和天花等的流行方式和防治方法方面积累了丰富经验。例如，在公元4世纪就有如何防治狂犬病的记载；又如，在10世纪的《医宗金鉴》中就有种人痘预防天花的记载，这种方法后来相继传入俄国、日本、英国等。1796年，英国人詹纳发明了牛痘苗，为免疫学的发展奠定了基础。

2. 初初期

17世纪，荷兰人列文虎克发现了微生物，从而解决了认识微生物世界的第一个障碍。但在其后的约两百年里，微生物学的研究基本停留在形态描述和分门别类阶段。

3. 奠基期

从19世纪60年代开始，以法国巴斯德和德国科赫为代表的科学家将微生物学的研究推进到生理学阶段，并为微生物学的发展奠定了坚实的基础。1857年，巴斯德通过著名的曲颈瓶试验彻底否定了生命的自然发生说。在此基础上，他提出了加热灭菌法（后来被人们称为巴氏消毒法），成功地解决了当时困扰人们的牛奶、酒类变质问题。巴斯德还研究了酒精发酵、乳酸发酵、醋酸发酵等，并发现这些发酵过程都是由不同的发酵菌引起的，从而奠定了初步的发酵理

论。在此期间，巴斯德的三个女儿相继染病死去，不幸的遭遇促使他转而研究疾病的起源，并发现特殊的微生物是发病的病源。由此开始了 19 世纪寻找病原菌的黄金时期。巴斯德还发明了减毒菌苗用以预防鸡霍乱病和牛羊炭疽病，发明并使用了狂犬病疫苗，为人类治病、防病做出了巨大贡献。巴斯德在微生物学各方面的研究成果促进了医学、发酵工业和农业的发展。

与巴斯德同时代的科赫对医学微生物学做出了巨大贡献。科赫首先论证了炭疽杆菌是炭疽病的病原菌，接着又发现了结核病的病原菌，并提倡用消毒和灭菌法预防这些疾病的发生。他还建立了一系列研究微生物的重要方法，如细菌的染色方法、固体培养基的制备方法、琼脂平板的纯种分离技术等，这些方法一直沿用至今。科赫提出的某种微生物作为病原体所必须具备的条件，即科赫法则，至今仍指导着动植物病原体的确定。

4. 发展期

20 世纪以来，随着生物化学和生物物理学的不断渗透，再加上电子显微镜的发明和同位素示踪原子的应用，推动了微生物学向生物化学阶段发展。1949 年，德国学者毕希纳发现，酵母菌的无细胞提取液与酵母菌一样，可将糖液转化为酒精，从而确认了酵母菌酒精发酵的酶促过程，将微生物的生命活动与酶化学结合起来。一些科学家用大肠杆菌为材料所进行的一系列研究，都阐明了生物体的代谢规律和控制代谢的基本过程。进入 20 世纪以后，人们开始利用微生物进行乙醇、甘油、各种有机酸、氨基酸等的工业化生产。

1929 年，弗莱明发现青霉能够抑制葡萄球菌的生长，从而揭示出微生物间的拮抗关系，并发现了青霉素。此后，陆续发现的抗生素越来越多。抗生素除医用外，也用于防治动植物病害和食品保藏。

5. 成熟期

1941 年，比德尔等用 X 射线和紫外线照射链孢霉，使其产生变异，获得了营养缺陷型菌株。对营养缺陷型菌株的研究，不仅使人们进一步了解了基因的作用和本质，而且为分子遗传学打下了基础。1944 年，艾弗里第一次证实引起肺炎双球菌形成荚膜的物质是 DNA。1953 年，沃森和克里克在研究微生物 DNA 时，提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型。富兰克尔、康拉特等通过烟草花叶病毒的重组实验，证明 RNA 是遗传信息的载体，这一切为分子生物学奠定了重要基础。近几十年来，随着原核微生物 DNA 重组技术的出现，人们利用微生物生产出了胰岛素、干扰素等贵重药物，形成了一个崭新的生物技术产业。

整个微生物学发展史就是一部不断克服认识微生物的一系列障碍（如显微镜的发明、灭菌技术的运用、纯种分离和培养技术的建立等），逐步研究它们的生命活动规律，并开发利用有益微生物和控制、消灭有害微生物的历史。微生物学的发展简史可概括为如表 0-1 所示。

表 0-1 微生物学的发展简史

| 发展时期 | 时 间 | 特 点 | 代 表 人 物 |
|------|------------------|---|-------------------------|
| 史前期 | 约 8000 年前~1676 年 | ①人类已在不自觉地应用微生物进行酿酒、酿醋、制酱、沤肥等活动;②未发现微生物的存在 | 各国劳动人民 |
| 初创期 | 1676~1861 年 | ①第一次发现了微生物的存在;②对一些微生物进行形态描述 | 列文虎克(第一个看到微生物的人) |
| 奠基期 | 1861~1897 年 | ①微生物学开始建立;②创立了一整套微生物学研究的基本方法;③开始了寻找人类和动物病原菌的黄金时期 | 巴斯德(微生物学奠基人),柯赫(细菌学奠基人) |
| 发展期 | 1897~1953 年 | ①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时期;②普通微生物学开始形成;③广泛寻找微生物的有益代谢产物;④青霉素的发现推动了微生物工业化培养技术的快速发展 | E. Buchner(生物化学奠基人) |
| 成熟期 | 1953 年至今 | ①DNA 双螺旋结构模型的建立;②广泛运用分子生物学理论和现代研究方法,深刻揭示微生物的各种生命活动规律;③以基因工程为主导,把传统的工业发酵提高到发酵工程新水平;④微生物基因组的研究促进了生物信息学时代的到来 | 沃森和克里克(分子生物学奠基人) |

四、微生物学及其主要分支学科

微生物学是一门在细胞、分子或群体水平上研究微生物的形态构造、生理代谢、遗传变异、生态分布和分类进化等生命活动规律,并将其应用于工业发酵、医药卫生、生物工程和环境保护等领域的科学。

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,又可以根据研究的侧重面和层次不同而分为许多不同的分支学科,并且还在不断地形成新的学科和研究领域。按研究对象分,可分为细菌学、放线菌学、真菌学、病毒学、原生动物学、藻类学等。按过程与功能分,可分为微生物生理学、微生物分类学、微生物遗传学、微生物生态学、微生物分子生物学、微生物基因组学、细胞微生物学等。按生态环境分,可分为土壤微生物学、环境微生物学、水域微生物学、海洋微生物学、宇宙微生物学等。按技术与工艺分,可分为发酵微生物学、分析微生物学、遗传工程学、微生物技术学等。按应用范围分,可分为工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学、预防微生物学等;按与人类疾病关系分,可分为流行病学、医学微生物学、免疫学等。随着现代理论和技术的发展,新的微生物学分支学科正在不断形成和建立。

五、食品微生物学的研究内容和任务

1. 食品微生物学的研究内容

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。食品微生物