



“十四五”普通高等教育本科部委级规划教材

安徽省高等学校省级规划教材

新编食品微生物学

X inbian Shipin Weishengwuxue

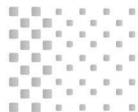
许晖 王娣 曹珂珂◎主编

张斌 马龙 吕超田 李亮◎副主编



中国纺织出版社有限公司

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位




“十四五”普通高等教育本科部委级规划教材

安徽省高等学校省级规划教材

新编食品微生物学

X inbian Shipin Weishengwuxue

许晖 王娣 曹珂珂◎主编

 中国纺织出版社有限公司

内 容 提 要

食品微生物是与食品有关的微生物的总称,包括生产型食品微生物(如醋酸杆菌、酵母菌等)、使食物变质的微生物(如霉菌、细菌等)和食源性病原微生物(如大肠杆菌、肉毒杆菌等)。本书阐述了食品微生物学的发展和研究任务、食品中常见的微生物、微生物与食品腐败变质、食品中的微生物污染及其控制、微生物污染与食物中毒、微生物与食品保藏、食品工业中微生物的利用和食品卫生与食品卫生微生物学的内容,适合食品专业的学生以及相关领域的科研人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

新编食品微生物学 / 许晖, 王娣, 曹珂珂主编. --
北京: 中国纺织出版社有限公司, 2021. 10
“十四五”普通高等教育本科部委级规划教材
ISBN 978-7-5180-8725-9

I. ①新… II. ①许… ②王… ③曹… 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(2021)第 144733 号

责任编辑:郑丹妮 国 帅 责任校对:江思飞
责任印制:王艳丽

中国纺织出版社有限公司出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124
销售电话:010—67004422 传真:010—87155801
<http://www.c-textilep.com>
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>
三河市宏盛印务有限公司印刷 各地新华书店经销
2021 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:18.25
字数:360 千字 定价:49.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

《新编食品微生物学》编委会成员

主 编 许 晖 王 娣 曹珂珂

副主编 张 斌 马 龙 吕超田 李 亮

参 编(按姓氏笔画排序)

马 龙 蚌埠学院

王晓云 蚌埠学院

王 娣 蚌埠学院

吕超田 蚌埠学院

朱双杰 滁州学院

许 晖 蚌埠学院

杜传来 安徽科技学院

李先保 安徽科技学院

李作美 蚌埠学院

李 妍 蚌埠学院

李 亮 蚌埠学院

张 斌 蚌埠学院

柴新义 滁州学院

钱时权 淮阴师范学院

曹珂珂 蚌埠学院

前 言

食品微生物学是基础微生物学一个非常重要的分支,属于应用微生物学的范畴。它主要研究与食品生产、食品安全有关的微生物的特性,研究如何更好地利用有益微生物为人类生产各种各样的食品、改善食品的质量,以及如何防止有害微生物引起的食品腐败变质、食物中毒,并不断开发新的食品微生物资源。《新编食品微生物学》结合现代微生物学和食品科学发展趋势,对食品微生物学的内容进行系统介绍,并突出食品微生物学的实践应用。本教材共分8章,主要包括绪论、食品中常见的微生物、微生物与食品腐败变质、食品中的微生物污染及其控制、微生物污染与食物中毒、微生物与食品保藏、食品工业中微生物的利用、食品卫生与食品卫生微生物学。《新编食品微生物学》在食品中的微生物污染及其控制、微生物污染与食物中毒、微生物与食品保藏、食品工业中微生物的利用等章节补充更新研究成果,使教材内容更加先进。本教材由蚌埠学院许晖、王娣、曹珂珂担任主编,蚌埠学院张斌、马龙、吕超田、李亮担任副主编,安徽科技学院李先保、杜传来,蚌埠学院王晓云、李作美、李妍,淮阴师范学院钱时权,滁州学院朱双杰、柴新义参与编写、整理工作。

本教材既可作为高等院校食品、生物、农林、水产等相关专业的教材,也可供食品加工、食品发酵、食品保藏、食品卫生、食品检验、食品安全等领域的相关科研与技术人员参考。

在编写过程中,由于本教材涉及的内容广、知识面宽,限于编者水平有限和经验不足,本教材的内容、观点或其他方面难免有不当、疏漏甚至错误之处,敬请专家和广大读者批评指正,以便今后进一步修正提高。

目 录

| | |
|--------------------------|--------|
| 第一章 绪论 | (1) |
| 1.1 微生物及其生物学特点 | (1) |
| 1.1.1 微生物及其生物分类地位 | (1) |
| 1.1.2 微生物的生物学特点 | (2) |
| 1.2 微生物学及其分支学科 | (4) |
| 1.2.1 微生物学及其研究对象 | (4) |
| 1.2.2 微生物学的分支学科 | (4) |
| 1.3 微生物学的发展 | (4) |
| 1.3.1 微生物的发现 | (4) |
| 1.3.2 微生物学发展的奠基人 | (5) |
| 1.4 食品微生物的发展 | (6) |
| 1.4.1 食物的来源 | (6) |
| 1.4.2 食品微生物的历史 | (7) |
| 1.4.3 食品微生物发展的重大事件 | (8) |
| 1.5 食品微生物学的研究内容和任务 | (12) |
| 1.5.1 食品微生物学的研究内容 | (12) |
| 1.5.2 食品微生物学的任务 | (12) |
| 本章小结 | (13) |
| 思考题 | (13) |
| 主要参考书目 | (13) |
| 第二章 食品中常见的微生物 | (14) |
| 2.1 食品中微生物的分类 | (14) |
| 2.2 食品中常见的细菌 | (15) |
| 2.2.1 革兰氏阳性细菌 | (16) |
| 2.2.2 革兰氏阴性细菌 | (22) |
| 2.2.3 产芽孢细菌 | (33) |
| 2.3 食品中常见的酵母菌 | (35) |
| 2.4 食品中常见的霉菌 | (40) |
| 本章小结 | (49) |
| 思考题 | (50) |
| 主要参考书目 | (50) |

| | |
|--------------------------------|---------|
| 第三章 微生物与食品腐败变质 | (51) |
| 3.1 食品腐败变质..... | (51) |
| 3.1.1 食品腐败变质的含义 | (51) |
| 3.1.2 食品腐败变质的类型 | (51) |
| 3.2 食品的营养组成与微生物的分解作用..... | (52) |
| 3.2.1 食品的营养成分 | (52) |
| 3.2.2 微生物分解营养物质的选择性 | (52) |
| 3.3 食品腐败变质的基本条件..... | (55) |
| 3.3.1 食品的基质特性 | (55) |
| 3.3.2 食品的外界环境条件 | (60) |
| 3.4 食品腐败变质的机理..... | (64) |
| 3.4.1 食品中蛋白质的分解 | (65) |
| 3.4.2 食品中碳水化合物的分解 | (66) |
| 3.4.3 食品中脂肪的分解 | (66) |
| 3.5 常见食品的腐败变质..... | (67) |
| 3.5.1 罐藏食品的腐败变质 | (67) |
| 3.5.2 鲜乳及乳制品的腐败变质 | (72) |
| 3.5.3 肉及肉制品的腐败变质 | (80) |
| 3.5.4 鱼类的腐败变质 | (85) |
| 3.5.5 鲜蛋的腐败变质 | (87) |
| 3.5.6 果蔬及其制品的腐败变质 | (89) |
| 3.6 食品腐败变质的鉴定..... | (93) |
| 3.6.1 感官鉴定 | (93) |
| 3.6.2 化学鉴定 | (94) |
| 3.6.3 物理指标 | (95) |
| 3.6.4 微生物检验 | (95) |
| 本章小结 | (95) |
| 思考题 | (96) |
| 主要参考书目 | (96) |
| 第四章 食品中的微生物污染及其控制 | (97) |
| 4.1 食品中的微生物污染..... | (97) |
| 4.1.1 食品的微生物污染概念 | (97) |
| 4.1.2 污染食品的微生物来源 | (97) |
| 4.1.3 微生物污染食品的途径 | (104) |
| 4.2 食品中微生物的消长..... | (106) |

| | |
|------------------------|--------------|
| 4.3 控制微生物污染食品的措施 | (107) |
| 本章小结 | (111) |
| 思考题 | (111) |
| 主要参考书目 | (111) |
| 第五章 微生物污染与食物中毒 | (113) |
| 5.1 食物中毒与微生物污染 | (113) |
| 5.1.1 食物中毒的概念 | (113) |
| 5.1.2 食物中毒的特点 | (114) |
| 5.1.3 食物中毒的类型 | (114) |
| 5.2 细菌性食物中毒 | (115) |
| 5.2.1 概述 | (115) |
| 5.2.2 沙门氏菌食物中毒 | (117) |
| 5.2.3 副溶血性弧菌食物中毒 | (121) |
| 5.2.4 李斯特菌食物中毒 | (124) |
| 5.2.5 大肠埃希氏菌食物中毒 | (126) |
| 5.2.6 变形杆菌食物中毒 | (130) |
| 5.2.7 葡萄球菌食物中毒 | (132) |
| 5.2.8 肉毒梭菌食物中毒 | (135) |
| 5.2.9 志贺氏菌食物中毒 | (138) |
| 5.2.10 空肠弯曲菌食物中毒 | (139) |
| 5.2.11 蜡样芽孢杆菌食物中毒 | (141) |
| 5.2.12 产气荚膜梭菌食物中毒 | (143) |
| 5.2.13 椰毒假单胞菌酵米面亚种食物中毒 | (145) |
| 5.3 真菌性食物中毒 | (147) |
| 5.3.1 概述 | (147) |
| 5.3.2 黄曲霉毒素中毒 | (150) |
| 5.3.3 黄变米毒素 | (155) |
| 5.3.4 镰刀菌毒素 | (157) |
| 5.3.5 杂色曲霉毒素 | (166) |
| 5.3.6 赫曲霉毒素 | (166) |
| 5.3.7 展青霉毒素 | (167) |
| 5.3.8 青霉酸 | (168) |
| 5.3.9 交链孢霉毒素 | (169) |
| 5.3.10 毒蕈中毒 | (170) |
| 5.4 食品介导的感染 | (173) |

| | | |
|------------|-----------------------|--------------|
| 5.4.1 | 细菌性病疾 | (173) |
| 5.4.2 | 伤寒和副伤寒 | (175) |
| 5.4.3 | 霍乱和副霍乱 | (176) |
| 5.4.4 | 炭疽 | (177) |
| 5.4.5 | 结核病 | (179) |
| 5.4.6 | 病毒性肝炎 | (180) |
| 5.4.7 | 脊髓灰质炎 | (181) |
| 5.4.8 | 布鲁氏病 | (182) |
| 本章小结 | | (183) |
| 思考题 | | (183) |
| 主要参考书目 | | (184) |
| 第六章 | 微生物与食品保藏 | (185) |
| 6.1 | 食品低温保藏与嗜冷菌的特性..... | (185) |
| 6.1.1 | 嗜冷菌与食品低温保藏 | (185) |
| 6.1.2 | 低温对微生物的影响 | (186) |
| 6.1.3 | 食品冷藏 | (190) |
| 6.1.4 | 食品冻藏 | (191) |
| 6.2 | 食品高温保藏与嗜热微生物的特性..... | (193) |
| 6.2.1 | 嗜热菌 | (193) |
| 6.2.2 | 影响微生物耐热的因素 | (194) |
| 6.2.3 | 微生物的热致死作用 | (199) |
| 6.2.4 | 嗜热菌的耐热机制 | (200) |
| 6.3 | 食品干燥保藏与微生物的特性..... | (204) |
| 6.3.1 | 微生物和 a_w 的关系..... | (204) |
| 6.3.2 | 食品干燥保藏的概念 | (205) |
| 6.3.3 | 干燥对微生物的影响 | (206) |
| 6.3.4 | 半干食品 | (207) |
| 6.4 | 食品辐照保藏与微生物的特性..... | (207) |
| 6.4.1 | 食品辐照保藏的概述 | (207) |
| 6.4.2 | 辐照对微生物的作用 | (209) |
| 6.4.3 | 辐照在食品保藏中的应用 | (213) |
| 6.4.4 | 辐照食品的卫生安全性 | (214) |
| 6.5 | 食品化学保藏与微生物的特性..... | (215) |
| 6.5.1 | 天然防腐剂 | (216) |
| 6.5.2 | 化学合成防腐剂 | (222) |

| | | |
|------------|--------------------------|--------------|
| 6.5.3 | 间接抗菌剂 | (226) |
| 6.5.4 | 乙酸和乳酸 | (227) |
| 6.5.5 | 水果的抗真菌剂 | (228) |
| 6.6 | 栅栏理论与技术 | (228) |
| 6.6.1 | 栅栏技术的基本原理 | (228) |
| 6.6.2 | 栅栏因子 | (229) |
| 6.7 | 食品生产的质量管理体系 | (229) |
| 6.7.1 | GMP 管理体系 | (229) |
| 6.7.2 | 危害分析与关键控制点(HACCP) | (230) |
| 6.8 | 预报微生物学理论与技术 | (230) |
| 6.8.1 | 预报微生物学的理论与技术 | (230) |
| 6.8.2 | 预报微生物学的应用 | (231) |
| | 本章小结 | (231) |
| | 思考题 | (232) |
| | 主要参考书目 | (232) |
| 第七章 | 食品工业中微生物的利用 | (233) |
| 7.1 | 食品工业中细菌的利用 | (233) |
| 7.1.1 | 发酵乳制品 | (233) |
| 7.1.2 | 发酵蔬菜制品 | (237) |
| 7.1.3 | 食醋 | (239) |
| 7.1.4 | 氨基酸 | (240) |
| 7.2 | 食品工业中酵母菌的利用 | (244) |
| 7.2.1 | 面包 | (244) |
| 7.2.2 | 啤酒 | (244) |
| 7.2.3 | 葡萄酒 | (245) |
| 7.2.4 | 酵母菌用于 SCP 的生产 | (245) |
| 7.3 | 食品工业中霉菌的利用 | (245) |
| 7.3.1 | 酱类 | (246) |
| 7.3.2 | 酱油 | (246) |
| 7.3.3 | 腐乳 | (247) |
| 7.3.4 | 柠檬酸 | (248) |
| 7.3.5 | 苹果酸 | (249) |
| 7.4 | 食品工业中的微生物酶制剂 | (249) |
| 7.4.1 | 微生物酶制剂 | (249) |
| 7.4.2 | 淀粉酶 | (252) |

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 7.4.3 蛋白酶 | (255) |
| 7.4.4 脂肪酶 | (256) |
| 7.4.5 果胶酶 | (257) |
| 7.4.6 纤维素酶 | (260) |
| 7.5 微生物多糖..... | (261) |
| 7.5.1 黄原胶 | (262) |
| 7.5.2 结冷胶类多糖 | (262) |
| 本章小结 | (264) |
| 思考题 | (264) |
| 主要参考书目 | (264) |
| 第八章 食品卫生与食品卫生微生物学 | (266) |
| 8.1 食品卫生..... | (266) |
| 8.1.1 食品卫生要求和标准 | (266) |
| 8.1.2 食品卫生学的微生物学标准 | (268) |
| 8.1.3 部分食品的卫生指标 | (272) |
| 8.2 食品卫生微生物学检验总则..... | (273) |
| 本章小结 | (276) |
| 思考题 | (276) |
| 主要参考书目 | (277) |

第一章 绪论

本章导读:

- 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。
- 理解并掌握微生物的生物学特点和作用。
- 了解微生物学的主要分支学科和发展史。
- 明确食品微生物学的研究对象和任务。

1.1 微生物及其生物学特点

1.1.1 微生物及其生物分类地位

1. 微生物的概念及其类群

微生物(microbe, microorganism)是一群个体微小、结构简单,肉眼不能直接看见,须借助显微镜放大若干倍才能观察到的存在于自然界的微小生物统称。此微小生物类群非常庞大、繁多,包括小到没有细胞结构的病毒(Virus)、单细胞原核生物的细菌(Bacteria)、放线菌(Actinomyces)、蓝细菌(Cyanobacteria)、支原体(Mycoplasma)、立克次氏体(Rickettsia)和衣原体(Chlamydia)与属于真菌的酵母菌(Yeast)、霉菌(Molde)及原生动(Protozoa)。这些微小生物虽然种类不同、形态和大小各异,但它们生物学特性非常类似,因此人们给予这些微小生物一个共同的名称——微生物。

2. 微生物的生物学分类地位

18世纪中叶,人们把所有的生物分成动物界(Animalia)和植物界(Plantae)。后来发现的微小生物部分类型类似动物,部分类型类似植物,还有部分既具有动物的特征又具有植物的特征,因而归于动物或植物都是不妥的。1866年,德国学者E. H. Haeckel提出了区别动物界和植物界的第三界——原生生物界(Protistae),它包括藻类(Algar)、原生动物(Protozoa)、真菌(Fungi)和细菌(Bacteria)。

20世纪50年代,由于电子显微镜的应用和细胞超微结构研究的进展,发现细菌和真菌的结构并不完全相同,因此提出了原核生物和真核生物的概念。

1957年,美国学者H. F. Copeland提出了四界分类系统:原核生物界(Procaryotae)(细菌、蓝细菌等)、原生生物界(Protista)(原生动物、真菌、黏菌和藻类等)、动物界(Animalia)和植物界(Plantkingdom)。

1969年,美国学者R. H. Whittaker提出了五界系统:动物界、植物界、原核生物界、原生生物界和真菌界(Fungi kingdom)。随着对病毒深入研究,我国微生物学家王大昧于

1977年提出把病毒单独列为一界,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。

1977年,美国科学家 Carl Woese 和 George Fox 以 16S rRNA 序列比较为依据,提出了独立于真细菌和真核生物之外的生命的第三种形式——古生菌(Archaeobacteria),古生菌在进化谱系上更接近真核生物,在细胞构造上与细菌较为接近,同属原核生物。Woese 认为古生菌和真核生物以及真细菌(Eubacteria)是从一个具有原始遗传机制的共同祖先分别进化而来,因此将三者各划为一类,作为比界高的分类系统,称作“域”(Domain),目前这三域分别命名为细菌域(Bacteria)、古生菌域(Archaea)和真核生物域(Eukarya),并构建了三界(域)生物的系统树。

1.1.2 微生物的生物学特点

微生物个体微小、结构简单,它们除具有和其他生物一样的新陈代谢、遗传和繁殖等基本生命特征外,还具有一些其他生物没有的独特特点。正因为微生物具有这些特点,才引起人们的高度重视。

1. 体积小、比表面积大

微生物的大小一般用微米(μm)或纳米(nm)表示,必须借助显微镜才能观察到其形态。例如杆菌的宽度为 $0.5\ \mu\text{m}$,假若 80 个杆菌“肩并肩”地排列成横队,也只是一根头发丝的宽度,杆菌的长度约 $2\ \mu\text{m}$,故 1500 个杆菌头尾连接起来仅有一颗芝麻长。微生物细胞的质量也非常轻,据估计每个细胞的质量有 $10^{-10} \sim 10^{-12}\ \text{mg}$,即 $10^9 \sim 10^{10}$ 个细胞的总质量才有 1 mg。虽然微生物细胞非常小,但比表面积却很大,因此,微生物与外界物质交换的能力非常强大。

2. 种类繁多、分布广泛

微生物的种类极其繁多,迄今为止,人们所知道的微生物约有 10 万种,并且每年都报道大量新的微生物菌种。据估计目前已知的微生物菌种只占地球上实际存在的微生物总数的 20%,微生物很可能是地球上物种最多的一类。微生物资源极其丰富,但在人类生产和生活中仅开发利用了已发现微生物种数的 1%。

微生物在地球上几乎无处不有,无孔不入。85 km 的高空、11 km 深的海底、2000 m 深的地层、近 100°C (甚至 300°C) 的温泉、零下 250°C 的环境下,均有微生物存在。至于人们正常生产、生活的地方,微生物更是不计其数,就连人体的皮肤、口腔甚至肠胃道,也存在许多微生物。因此,人类生活在微生物的汪洋大海之中。

微生物聚集最多的地方是土壤,土壤是各种微生物生长繁殖的大本营,任意取一把土或一粒土,就是一个微生物世界,不论数量或种类均很多。在肥沃的土壤中,每克土含有 20 亿个微生物,即使是贫瘠的土壤,每克土中也含有 3 亿~5 亿个微生物。空气中悬浮着无数细小的尘埃和水滴,它们也是微生物在空气中的藏身之地。一般来说,陆地上空比海洋上空的微生物多,城市上空比农村上空的微生物多,杂乱肮脏地方的空气中比整洁卫生地方

的空气中的微生物多,人烟稠密、家畜家禽聚居地方的空气中的微生物最多。

各种水域中也有无数的微生物。居民区附近的河水和浅井水容易受到各种污染,水中的微生物就比较多。大湖和海水中的微生物较少。从人和动植物的表皮到人和动物的内脏,也都生活着大量的微生物。如大肠杆菌在大肠中清理消化不完的食物残渣,所以在正常情况下,还是人肠道缺少不了的帮手。把手放到显微镜下观察,一双普通的手上带有4万~40万个细菌,即使是一双刚刚用清水洗过的手也有近300个细菌。

3. 生长旺盛、繁殖快

生长旺盛和繁殖快是微生物最重要的特点之一,也是微生物与其他生物完全不同的特征之一。由于微生物的个体很小,其表面积和体积比值很大。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和代谢产物。微生物的代谢强度比高等生物的代谢强度大几千倍至几万倍,其生长繁殖的速度是高等生物无法与之相比的,例如大肠杆菌(*Escherichia coli*) 在适宜的条件下,其代时为20 min,即一个细胞每20 min可繁殖1代。假设每个繁殖的细胞后代都具有相同的繁殖能力,一个细胞经过24 h繁殖后,其细胞数理论上应该为 2^{72} ,即大约有 4.7×10^{22} 个细菌。按每 10^{10} 个细菌的质量为1 mg计算,则上述大肠杆菌的质量超过4722 t,这是绝对不可想象的!

实际上这样的繁殖速度客观上是不存在的,只在细菌的对数生长期才有几何扩增的繁殖速度。主要原因是随着细菌数量的增加,营养物质的消耗,代谢废物的积累,生长繁殖速度受到限制。微生物如此高速繁殖的能力为利用微生物和科学研究提供了有利条件。例如酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)用于发面时,每2 h分裂1次,用于发酵工业的单罐发酵时,几乎每12 h就可以得到发酵产物1次,每年可获得发酵产物数百次。通常酵母菌合成蛋白质的速度是动物、植物合成蛋白质速度的 $10^2 \sim 10^4$ 倍。

4. 适应性强、代谢途径多、易变异

微生物对外界环境的适应能力特别强,这是高等生物无法比拟的。主要原因有两个方面:一是微生物具有一些特殊的结构,例如荚膜、芽孢、孢子等;二是一些极端微生物具有特殊的蛋白质、酶和其他物质,使其能更好地适应恶劣环境。

微生物的代谢途径也是微生物适应强的一个重要原因,这使微生物在许多其他生物不能生存的环境中继续生存。例如一些微生物能够利用其他生物不能利用的物质(如纤维素、有机农药等)进行生长繁殖,还有一些化能自养微生物,如硝化细菌(*Nitrifying bacteria*)利用 NH_3 和 NO_2^- ;硫杆菌属(*Thiobacillus*)利用硫化物、硫、硫代硫酸盐等;氧化亚铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)利用 Fe^{2+} ;氢细菌(*hydrogen bacterium*)利用 H_2 等获得能量而生长繁殖。

由于微生物比表面积较大,与外界环境的接触面大,因而受环境的影响也大。一旦环境条件发生变化,不适于微生物的生长时,大多数微生物细胞死亡,但是也有少数细胞因发生变异存活下来。人们经常利用微生物的这一特点,根据工作需要,用人工诱变的方法,给予不适宜微生物正常生长的环境条件,促使微生物细胞发生变异,从变异的菌株中筛选优良菌种。

1.2 微生物学及其分支学科

1.2.1 微生物学及其研究对象

微生物研究作为一门科学——微生物学(microbiology),比动物学、植物学要晚得多,至今不过 100 多年的历史。

概括地讲,微生物学是研究微生物及其生命活动规律的学科。主要研究微生物在一定条件下的形态结构、生理生化、遗传变异以及微生物的进化、分类、生态等规律,及其在工业、农业、医学、环境保护等方面的应用。人们研究微生物的主要目的在于充分利用有益微生物、控制有害微生物,使微生物能更好地为人类服务。

1.2.2 微生物学的分支学科

微生物学自建立以来,随着对微生物研究与应用领域不断拓宽和深入,已形成了包括很多分支学科的研究领域,并且还在不断地形成新的学科和研究领域。

(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、微生物遗传学、微生物生态学、分子微生物学、细胞微生物学和微生物基因组学等。

(2)根据微生物种类不同,形成的分支学科有:细菌学,真菌学,病毒学,藻类学、菌物学和原生动物学等。

(3)根据微生物与疾病的关系,形成的学科有:免疫学、医学微生物学和流行病学等。

(4)根据微生物的生态环境不同,形成的学科有:土壤微生物学、海洋生物学、环境微生物学、水微生物学和宇宙微生物学等。

(5)根据技术和工艺的不同,形成的学科有:分析微生物学、微生物技术学、发酵微生物学和遗传工程学等。

(6)根据微生物应用领域不同,形成的学科有:工业微生物学、农业微生物学、医学微生物学、药学微生物学、兽医微生物学、食品微生物学和预防微生物学等。

(7)根据微生物学与其他学科的交叉、融合,形成的学科有:化学微生物学、微生物生物工程学、微生物化学分类学、微生物数值分类学、微生物地球化学和微生物信息学等。

1.3 微生物学的发展

1.3.1 微生物的发现

在人们真正看到微生物之前,已经在不知不觉中应用它们了。我国劳动人民很早就认识到微生物的存在和作用,在生产实践中积累了很多利用有益微生物和防治有害微生物的

经验,也是最早应用微生物的少数国家之一。考古研究表明,我国在 8000 年前就出现了曲蘖酿酒,4000 年前我国酿酒已十分普遍,埃及人掌握了面包制作和果酒酿造技术。2500 年前发明了酿酱、醋,采用曲治疗消化道疾病。我国北魏时期农学家贾思勰的《齐民要术》详细记载了谷物制曲、酿酒、制酱和酿醋等工艺。我国古代劳动人民为了防止食品变质,发明了盐腌、糖渍、烟熏、风干、自然发酵等方法抑制食品的腐败变质。

世界上真正看见并描述微生物的第一人是荷兰人列文虎克(A. V. Leeuwenhoek, 1632—1723)。他的最大贡献是 1676 年用自制的单式显微镜首次观察到了细菌的个体,初步揭开了微生物世界的奥秘。列文虎克观察了污水、牙垢、腐败有机物等样本,发现了这些微小生物,并将观察到的杆状、球状、螺旋状的细菌图形描绘出来,为人类认识并研究微生物提供了科学依据,是人类史上最伟大的发明之一。

1.3.2 微生物学发展的奠基人

列文虎克发现微生物以后的 200 年间,由于研究微生物的科学技术发展较落后以及社会生产力较低,人们对微生物的认识仍然停留在形态描述和分类阶段。直到 19 世纪中期,以法国人巴斯德(L. Pasteur, 1822—1895)和德国人科赫(R. Koch, 1843—1910)为代表的科学家开始研究微生物的生理学。

巴斯德的主要贡献有以下几个方面:第一,彻底否定了自然发生说。1861 年,巴斯德通过曲颈瓶实验,证明了食品腐败变质的原因是食品受到微生物的污染,导致微生物大量生长繁殖引起的,从根本上推翻了长期以来大家公认的自然发生说。第二,证明发酵是微生物作用的结果。通过对酒曲的研究分离到许多引起发酵的微生物,并证明酒精发酵是由酵母菌引起的,乳酸发酵、醋酸发酵和丁酸发酵是由不同的细菌引起的,从而把对微生物的研究由形态转向了生理生化研究水平,为微生物学的形成和发展奠定了基础。第三,提出了食品灭菌的方法——巴斯德消毒法(60~65℃短时间加热处理,杀死有害微生物的一种消毒方法)。该方法为食品和饮料的消毒奠定了基础,目前还广泛应用于蛋白质饮料、奶制品、酱油和食醋的消毒。第四,预防接种。1877 年,巴斯德研究了禽霍乱,发现病原菌经过减毒处理可以产生免疫,从而预防禽霍乱。随后又研究了炭疽病和狂犬病,首次研制成狂犬疫苗用于防治狂犬病,为人类防止传染病做出了杰出贡献。

科赫主要从事病原微生物的研究,为疾病的病原学说建立了牢固的基础。他的主要贡献有以下几个方面:第一,建立了微生物的纯培养技术。建立了微生物分离、培养、接种等一系列实验技术方法,发明了琼脂固体培养基、微生物鞭毛染色等染色方法。分离出炭疽杆菌、结核杆菌、链球菌和霍乱弧菌的纯培养物,并对这些病原菌进行了研究。第二,提出了著名的科赫法则(Koch's postulates)。科赫法则包括:在每一病例中都出现相同的微生物,且在健康者体内不存在;要从寄主分离出这样的微生物并在培养基中得到纯培养;用这种微生物的纯培养接种健康而敏感的寄主,同样的疾病会重复发生;从试验发病的寄主中能再度分离培养出这种微生物来。如果进行了上述 4 个步骤,并得到确实的证明,就可以

确认该生物即为该病害的病原物。

巴斯德和科赫的杰出工作使微生物学作为一门独立的学科开始形成,并出现以他们为代表而建立的各分支学科。因此,巴斯德和科赫是微生物学的奠基人。

与此同时,其他一些学者也对微生物的发展做出了重要贡献。1865年,英国外科医生李斯特(J. Lister)提出了外科手术无菌操作方法,创立了外科消毒术。1888年,荷兰学者贝叶林克(M. Beijerinck)分离了根瘤菌,1895年分离自养的硫酸盐还原菌,为土壤微生物学的发展奠定了基础。1892年俄国学者伊万诺夫斯基(D. Iwanowski)首次从烟草花叶病植株中分离了烟草花叶病毒(TMV)并进行了回接实验,奠定了病毒学研究基础。

1.4 食品微生物的发展

1.4.1 食物的来源

人类早期的历史,是一部以开发食物资源为主要内容的历史。

古人类生活的时代在100多万年至1万年前(旧石器时代),为了维持自己的生存,人类的腹中之物最初是庞大的犀牛、凶猛的剑齿虎、残暴的鬣狗,其他温顺柔弱的禽兽,还有江河湖沼的游鱼虾蚌,更是人类的食物来源。除动物外,古人类更可靠的食物来源是植物,如各种各样的果实、野蔬、甚至植物茎秆花叶,选择适合自己口味的东西。经过多少世代的尝试,最终筛选出一批可食用的植物及其果实。

在距今1万至8000年前的新石器时代早期,出现了一些原始的农耕部落,但仍然是以粟类或水稻作为获得食物来源的主要生产手段。随着原始农业的发生和发展,人类获取食物的方式有了根本改变,饮食生活有了全新的内容。同时家畜饲养业产生了,中国传统家畜的“六畜”,即马、牛、羊、鸡、犬、豕,在新石器时代均已驯育成功,我们当今享用的肉食品种的格局,早在史前时代便已经形成。

到了先秦两汉时期,食物原料更是丰富多样,五彩缤纷。首先粮食作物已作为日常食源,除了此前已得到广泛种植的黍、稷、粟外,麦、粱、稻、菽、菰已在人们日常食物中占有较大比重。在最早的农书《夏小正》中,已记载种植有麦、黍(黄米)、菽(大豆)糜。

其次是蔬菜和水果的丰富。《诗经》中记载的有陆生蔬菜、水生蔬菜和调味蔬菜,此外还有各种野生菌类、木耳、石耳等。《山海经》记有各种各样的水果,现在一些常见的水果,此时已初具种类。

最后是动物性食物在饮食中的地位日渐重要,这些食物主要靠畜牧和狩猎获得。在甲骨文记载中就有马厩,而商代对畜养的马、牛、犬等分类很细,并有役使、祭祀和食用的各种区别,说明早在3000多年前家畜家禽就已定向驯养了。《周礼》记载中原贵族驯养食用的禽畜有野猪、野兔、麋鹿、麝及雁、宴鸟鹑、野鹅等。到了汉代,汉族地区大量出现畜养牛羊数目达一二百头的农家。