



普通高等教育食品科学与工程类 “十三五” 规划教材

李平兰

主编

食品 微生物学 教程

(第2版)

FOOD MICROBIOLOGY



中国林业出版社

China Forestry Publishing House

内容简介

普通高等教育食品科学与工程类“十三五”规划教材

食品微生物学教程

(第2版)

主 编 李平兰
副主编 李平兰 李平兰
编 者 李平兰 李平兰

李平兰 主编

ISBN 978-7-5119-0310-0
中国林业出版社
北京朝阳区惠新东街1000号
电话: (010) 83143210
网址: www.cesppress.com

(个)册

印 次 2019
印 次 2019
开 本 32开
印 张 22.5
字 数 220
定 价 22.0

中国林业出版社

内 容 简 介

本教材共 11 章, 前 8 章为微生物学基础知识, 主要包括微生物的形态与结构、微生物的营养与培养基、微生物的代谢、微生物生长、微生物遗传与食品微生物的菌种选育、微生物的生态、食品微生物与免疫等内容; 后 3 章介绍微生物学基础知识在食品工业中的应用, 包括微生物在食品工业中的应用、微生物引起的食品腐败变质及其控制、食源性致病微生物与食品安全等。本版教材内容更为精练、图文并茂、篇幅适中, 并注重知识的拓展与应用, 通过二维码形式对部分内容进行延伸。教材可作为食品与工程类专业本科生学习使用, 也可供研究生和有关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品微生物学教程 / 李平兰主编. —2 版. —北京: 中国林业出版社, 2019. 11
普通高等教育食品科学与工程类“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5219-0239-6

I. ①食… II. ①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 (2019) 第 201503 号

中国林业出版社·教育分社

策划、责任编辑: 高红岩

责任校对: 苏梅

电 话: (010) 83143554

传 真: (010) 83143516

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010) 83143500

http: //www. forestry. gov. cn/lycb. html

经 销 新华书店

印 刷 三河市祥达印刷包装有限公司

版 次 2011 年 8 月第 1 版 (共印 3 次)

2019 年 11 月第 2 版

印 次 2019 年 11 月第 1 次印刷

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 25.25

字 数 570 千字 数字资源 300 千字 (PDF 文件 200 千字、课件 1 个)

定 价 55.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《食品微生物学教程》（第2版）编写人员

主 编 李平兰

副主编 梁志宏 高文庚

编 者 (按拼音排序)

陈晶瑜 (中国农业大学)

高文庚 (运城学院)

靳志强 (长治学院)

李丽杰 (内蒙古农业大学)

李平兰 (中国农业大学)

梁志宏 (中国农业大学)

刘国荣 (北京工商大学)

秦 楠 (山西中医药大学)

旭日花 (内蒙古大学)

张香美 (河北经贸大学)

第2版前言

食品微生物学教程第1版于2011年出版,受到使用单位的一致好评,并于2017年获得第三届林(农)类优秀教材二等奖,2019年中国农业大学规划教材立项时被确定为优势学科专业的核心课教材。随着近年来微生物学及其在食品生产和检测领域应用的快速发展、食品安全国家标准的逐步修订完善,有必要对教材的相关内容更新修订,以适应学科发展的需求。

第2版食品微生物学教程基本保持了第1版的编写宗旨、编写风格和特点,内容组织仍坚持“实用、适用”的原则,精练微生物学基础理论,注重在食品加工领域应用。对每章内容都进行了逐句校正、修订或增减,语言更精练,章节结构更合理、紧凑,内容更全面。主要修改内容如下:

1. 在编排形式上,为了方便读者了解,各章根据内容需要,通过二维码的应用拓展知识内容,方便教学和自学阅读。

2. 增加第8章“食品微生物与免疫”,使教材内容更为系统、完整。

3. 优化原版教材的编排体系,使章节的结构和内容布局更为合理。具体修订有:将第2章“与食品有关的细菌”由原2.1.4调整为2.1.1.5,保证前后编排一致,并修改了G-细菌的鞭毛结构;第4章“微生物代谢”按照能量代谢的“产能代谢、耗能代谢”进行了调整;第5章补充了“5.3.9食品中的抗菌物质”;第6章删减了碱基对的置换、移码突变和染色体畸变的介绍、准性生殖的主要过程、采土的基本要求、初筛和复筛等,使章节内容更精练,精减内容通过二维码拓展;第7章删减了“开菲尔粒的微生态学”,增加“食品腐败变质中的群体感应”;第9章“微生物在食品工业中的应用”,各种混菌发酵产品的编排统一顺序为:菌种、生产工艺、微生物和生化变化,强调微生物的参与与变化,弱化工艺介绍,并且将“发酵乳制品”“发酵果蔬制品”合并为“细菌与乳酸发酵”,与其他各节名称统一;第10章“食品保藏理论与技术”内容的编排顺序按照“理论—方法—管理技术”调整,方便读者阅读,并补充卫生标准操作程序、ISO 22000标准简要介绍,使食品质量管理体系更为完整;第11章“食源性致病微生物与食品安全”,根据目前国内外微生物引起的食源性疾病发生情况,对食源性致病微生物做了较大的改动,并根据食品安全国家标准对食品安全微生物学指标的相关内容进行了更新。为便于师生的教与学,教材还增配了教学课件,以供参考。

4. 对部分章的“目的要求”“思考题”进行了修订,使其更符合教材编写宗旨,且前后格式统一。

第2版教材共分11章，编写人员具体分工如下：第1章由李平兰编写；第2章由李丽杰、旭日花、张香美编写；第3章由旭日花编写；第4章由靳志强编写；第5章由刘国荣、李丽杰编写；第6章由梁志宏编写；第7章由靳志强编写；第8章由秦楠编写；第9章由高文庚编写；第10章由刘国荣、高文庚、李平兰编写；第11章由旭日花、张香美编写；附录部分由李丽杰整理完成。课件部分，第1~8章由陈晶瑜制作，第9~11章由高文庚制作。全书由李平兰统编、定稿。

教材修订过程中，承蒙中国林业出版社和中国农业大学的大力支持，中国农业大学食品科学与营养工程学院食品微生物组博士研究生谭春明、武瑞赟等在编排和校阅方面做了大量具体的工作。另外，教材修订还获得中央高校教育教学改革经费中国农业大学教材建设项目（4561-00119101）的资助，得到山西省“1331”工程重点学科项目（098-091704）、山西省重点学科建设项目（FSKSC）支持。教材编写中参考了国内外学者专家的科研成果、学术著作及一些教材的插图，在此一并表示诚挚的谢意！

限于作者编写水平和能力，书中难免存在不当或错漏之处，敬请广大师生、同行和读者批评指正。

编者

2019年9月于北京

第1版前言

食品微生物学是基础微生物学的一个重要分支,属于应用微生物学范畴。该学科主要研究与食品生产、食品安全相关的微生物种类、特性以及在一定条件下与食品工业间的关系,教材内容包括微生物学基础及其在食品工业中的应用两大部分。随着微生物学的快速发展,食品微生物学的教材内容也需要不断更新,使之与学科发展相适应,以保持教材的先进性和新颖性。

在教材编排过程中,编者力求做到以下几点:

1. 精简内容、突出重点。教材的编排注重与相关知识的衔接,尽量避免脱节和重复,删除较为烦琐、陈旧的内容,力求文字精练、简明扼要、层次清楚、篇幅适中。

2. 注重实用性。食品微生物学是一门应用性很强的课程,教材内容的组织坚持“实用、适用”的原则,以基础为主线,正确处理好基础性、系统性、前沿性、应用性之间的关系,在对基础部分进行酌情压缩的情况下,注重与实践的有机结合,适当增加了微生物学基础理论在食品加工领域应用的内容;在应用部分注意选取重点和代表性的产品,以此带动对其他同类产品加工中微生物变化规律的了解。

3. 重视学习兴趣与能力培养。为保证教材内容形象生动,编者广泛收集了科研实验照片、专业图书和期刊的图表以及网络素材,并进行多次对比选择。教材中部分微生物图片由中国农业大学食品微生物学实验室提供。

为方便学生自学,在每章开始列出建议性的教学目的和要求,以供参考;章后附有思考题,以便帮助学生更好地理解 and 掌握该章的重点、难点。对于每章的思考题,力求少而精,尽量做到使学生能触类旁通、举一反三。

4. 结合教学和科研成果,适当补充学科前沿进展。作为一本专业基础教材,编者认为基本的知识点仍是其主要内容,并不奢望能够囊括食品加工领域的所有与微生物相关的内容及太多的学科进展。教材中主要对微生物的现代检测方法等作了简要补充说明。对学科前沿感兴趣的学生可以参阅更多的相关书刊。

本教材的编者均为国内相关高校的课程主讲或从事微生物研究的科研人员,这样一个组合有助于把握科研需求及学科前沿动态,编写出适应现代高等教育需求的教材。全书由李平兰教授担任主编,第1章、第9章第2、3节由李平兰编写,第2章第1、3、4节和第10章第2节由张香美编写,第2章第2节、第5章第3节由李丽杰编写,第3章由旭日花编写,第4章、第7章第2节由靳志强编写,第6章由梁志宏编写,第8章、第9章第4节由高文庚编写,第5章第1、2节和第9章第1节由刘国荣编写,第7章第1节由田洪涛编写,第10章第1节由靳志强和綦国红编写,附录部分

由李丽杰整理完成。全书由李平兰统稿、定稿，江汉湖教授主审。

中国林业出版社的编辑对本教材的编写、修改提出了宝贵意见，中国农业大学食品科学与营养工程学院食品微生物组研究生王洋、张宝、桂萌、张晓琼、孔维嘉、王华等对本书的编排和校阅做了大量具体的工作，在此一并表示真诚的感谢！

限于作者编写水平和能力，书中难免存在不当或漏错之处，敬请广大师生、同行和读者批评指正。

编者

2010年11月于北京

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章 绪 论	1
1.1 微生物与微生物学	2
1.1.1 微生物	2
1.1.2 微生物的特点	2
1.1.3 微生物的基本类群	4
1.1.4 微生物学及其分支学科	4
1.2 微生物学与食品微生物学的形成与发展	5
1.2.1 微生物学的形成与发展	5
1.2.2 微生物学和食品微生物学在我国的发展	9
1.3 食品微生物学的研究内容和任务	12
1.3.1 食品微生物学的研究内容	12
1.3.2 食品微生物学的研究任务	12
1.4 微生物学与食品微生物学展望	12
1.4.1 微生物基因组学和后基因组学研究	12
1.4.2 微生物分子生态学研究	13
1.4.3 微生物与食品安全性研究	13
第 2 章 微生物的形态与结构	15
2.1 原核微生物的形态与结构	16
2.1.1 细菌	16
2.1.2 放线菌	45
2.1.3 其他类型的原核微生物	48
2.2 真核微生物的形态与结构	51

2 目 录

2.2.1	真核微生物概述	51
2.2.2	酵母菌	58
2.2.3	霉菌	65
2.2.4	蕈菌	73
2.3	非细胞型生物	74
2.3.1	病毒	74
2.3.2	亚病毒	83
2.3.3	病毒与实践	84
2.4	微生物的分类与鉴定	86
2.4.1	微生物的分类与命名概述	86
2.4.2	各大类微生物分类系统纲要	88
2.4.3	微生物分类鉴定的方法	90
第3章	微生物的营养与培养基	95
3.1	微生物的营养物和营养类型	96
3.1.1	微生物细胞的化学组成	96
3.1.2	微生物的营养物质	98
3.1.3	微生物的营养类型	100
3.2	微生物对营养物质的吸收	102
3.2.1	被动运输	102
3.2.2	主动运输	103
3.2.3	影响营养物质吸收的因素	104
3.3	培养基	105
3.3.1	培养基的类型	105
3.3.2	配制培养基的基本原则	107
3.3.3	培养基制备的一般过程	108
第4章	微生物的代谢	110
4.1	微生物的产能代谢	111
4.1.1	化能异养微生物的生物氧化	111
4.1.2	自养微生物的生物氧化	120
4.2	微生物的耗能代谢	122
4.2.1	自养微生物的CO ₂ 的固定	122
4.2.2	生物固氮	125

4.2.3	肽聚糖的合成	127
4.3	微生物的次级代谢	129
4.3.1	微生物次级代谢概述	129
4.3.2	微生物次级代谢产物	130
4.4	代谢调控在发酵工业中的应用	131
4.4.1	控制细胞膜的渗透性	132
4.4.2	改变微生物的遗传特性	132
第5章 微生物生长		135
5.1	微生物纯培养分离及生长测定方法	136
5.1.1	纯培养的获得方法	136
5.1.2	微生物生长量的测定	137
5.2	微生物的群体生长规律	140
5.2.1	微生物的个体生长和同步生长	140
5.2.2	单细胞微生物的典型生长曲线	141
5.2.3	微生物的连续培养	145
5.3	环境因素对微生物生长的影响	147
5.3.1	温度	148
5.3.2	环境气体组分	155
5.3.3	pH 值	157
5.3.4	水分活度	159
5.3.5	渗透压	159
5.3.6	辐射	160
5.3.7	超声波	161
5.3.8	化学药剂	161
5.3.9	食品中的抗菌物质	164
第6章 微生物遗传与食品微生物的菌种选育		166
6.1	微生物遗传的物质基础	167
6.1.1	3个经典实验	167
6.1.2	遗传物质的存在形式	169
6.2	微生物基因突变	170
6.2.1	基因突变的类型	171
6.2.2	基因突变的特点	173

6.2.3	基因突变的机制	174
6.3	微生物基因重组	176
6.3.1	原核生物的基因重组	176
6.3.2	真核生物的基因重组	180
6.4	食品微生物的菌种选育	181
6.4.1	微生物的自然选育	181
6.4.2	微生物的诱变育种	183
6.4.3	微生物的杂交育种	188
6.4.4	基因工程技术用于工业菌种改良	189
6.5	菌种保藏与复壮	190
6.5.1	菌种的衰退	190
6.5.2	菌种的复壮	192
6.5.3	微生物菌种保藏	192
6.5.4	菌种保藏机构	195
第7章 微生物的生态		196
7.1	微生物在自然界中的分布	197
7.1.1	土壤中的微生物	197
7.1.2	水体中的微生物	198
7.1.3	空气中的微生物	199
7.1.4	食物中的微生物	199
7.1.5	人体的微生物区系	201
7.1.6	极端环境中的微生物	204
7.2	微生物与生物环境间的关系	205
7.2.1	互生	205
7.2.2	共生	206
7.2.3	寄生	206
7.2.4	拮抗	206
7.2.5	捕食	207
7.3	微生物生态学在食品加工领域的应用	207
7.3.1	白酒酿造过程中的微生物生态学	207
7.3.2	酱油发酵过程中的群落演替	209
7.3.3	食品腐败变质中的群体感应	210

第 8 章 食品微生物与免疫	212
8.1 免疫学基础理论	213
8.1.1 免疫系统的组成及功能	213
8.1.2 免疫应答与调节	214
8.1.3 抗原与抗体	219
8.2 食品与免疫	225
8.2.1 食品营养与免疫	225
8.2.2 消化道黏膜免疫	226
8.2.3 超敏反应与食物过敏	227
8.3 食品微生物与免疫	229
8.3.1 微生物与免疫	229
8.3.2 食品微生物与免疫学	230
8.3.3 抗微生物免疫	234
8.4 食品微生物检测的免疫学技术	237
8.4.1 食品污染微生物的免疫检测技术	237
8.4.2 免疫技术新进展	241
第 9 章 微生物在食品工业中的应用	243
9.1 霉菌在食品工业中的应用	244
9.1.1 霉菌与淀粉的糖化	244
9.1.2 霉菌与豆制品发酵	244
9.1.3 霉菌与茶叶发酵	251
9.1.4 霉菌与柠檬酸发酵	252
9.2 酵母菌在食品工业中的应用	254
9.2.1 酵母菌与酒类酿造	254
9.2.2 酵母菌与面包生产	263
9.2.3 酵母菌与单细胞蛋白生产	265
9.3 细菌在食品工业中的应用	265
9.3.1 细菌与乳酸发酵	266
9.3.2 细菌与食醋酿造	275
9.3.3 细菌与肉制品发酵	279
9.3.4 细菌与谷氨酸发酵	284
9.3.5 细菌与微生物多糖生产	286
9.4 微生物在益生菌制剂生产中的应用	288

9.4.1	益生菌制剂常用菌种及制剂类型	288
9.4.2	益生菌制剂生产工艺及要点	288
9.5	微生物在酶制剂生产中的应用	289
9.5.1	主要酶制剂、用途及产酶微生物	290
9.5.2	微生物酶制剂生产	291
第 10 章 微生物引起的食品腐败变质及其控制 295		
10.1	污染食品的微生物来源及其途径	296
10.1.1	来自土壤的微生物	296
10.1.2	来自水中的微生物	296
10.1.3	来自空气中的微生物	297
10.1.4	来自动、植物及人的微生物	298
10.1.5	来自用具及杂物的微生物	299
10.2	微生物引起食品腐败变质的基本条件	299
10.2.1	食品基质的特性	299
10.2.2	引起腐败的微生物种类	301
10.2.3	食品的环境条件	304
10.3	微生物引起食品腐败变质的鉴定	305
10.3.1	感官鉴定	306
10.3.2	物理指标	307
10.3.3	化学指标	307
10.3.4	微生物检验	307
10.4	各类食品的腐败变质	308
10.4.1	乳与乳制品的腐败变质	308
10.4.2	肉及肉制品的腐败变质	312
10.4.3	鱼类及其制品的腐败变质	316
10.4.4	禽蛋的腐败变质	317
10.4.5	果蔬及其制品的腐败变质	318
10.4.6	焙烤食品的腐败变质	321
10.4.7	罐藏食品的腐败变质	323
10.4.8	酿造食品的腐败变质	326
10.5	食品保藏理论与技术	328
10.5.1	食品防腐保质理论	328
10.5.2	食品保藏技术	332

10.5.3 食品生产的质量管理体系	347
第 11 章 食源性致病微生物与食品安全	349
11.1 食源性致病微生物	350
11.1.1 微生物型食源性疾病概述	350
11.1.2 食源性病原细菌及其危害	352
11.1.3 食源性真菌毒素及其危害	356
11.1.4 食源性病毒及其危害	361
11.2 食品微生物学检测技术	363
11.2.1 食品安全微生物学指标及其食品卫生学意义	363
11.2.2 食品微生物快速检测方法和技术	365
参考文献	378
附录 I 食品微生物学中常见微生物学名	381
附录 II 微生物学有关网站	387



课件

第1章

绪论

目的与要求

本章重点介绍了该课程的研究内容、研究任务和相关学科的发展，通过学习，了解微生物与食品微生物所涉及的领域及其发展的4个主要时期，同时掌握微生物3种基本类群的划分，深刻理解微生物的概念及其五大基本特点。

- 1.1 微生物与微生物学
- 1.2 微生物学与食品微生物学的形成与发展
- 1.3 食品微生物学的研究内容和任务
- 1.4 微生物学与食品微生物学展望

1.1 微生物与微生物学

1.1.1 微生物

微生物 (microorganism, microbe) 是广泛存在于自然界中的一群个体微小、结构简单、大多数肉眼看不见或看不清, 必须借助光学显微镜或电子显微镜放大数百倍、数千倍甚至数万倍才能观察到的微小生物的总称。

这些微小的生物包括: 无细胞结构不能独立生活的病毒、亚病毒, 原核细胞结构的真细菌和古生菌及有真核细胞结构的真菌。有的也把藻类、原生动物包括在其中。在以上这些微小生物群中, 多数是肉眼不可见的, 像病毒即使在普通光学显微镜下也不能看到, 必须借助电子显微镜观察。而有些微生物, 尤其是真菌中的大型食用真菌, 毫无疑问是可见的。近年来, 德国科学家还在纳米比亚海岸的海底沉积物中, 发现了肉眼可见的硫细菌 (sulfur bacterium), 即纳米比亚硫黄珍珠 (*Thiomargarita namibiensis*), 其大小为 0.1~0.3mm, 有些可达 0.75mm。以上足以说明“微生物”是一个微观世界里生物体的总称, 其数量比任何其他有机体都多, 可能是地球总量最大的组成部分。有人估计, 目前已知的几十万种微生物不到地球上实际存在微生物总量的 2%。

微生物与人类的关系极其密切, 其独特性已在全球范围内对人类产生了巨大影响。我们无论怎样评价其重要性都不过分, 因为通过利用微生物, 人类社会获得了如面包、乳酪、啤酒、抗生素、疫苗、维生素、酶等许多有价值的重要产品。微生物也是人类生态系统中不可缺少的组成成员, 它们使陆地和水生系统中碳、氧、氮和硫的循环成为可能, 同时也是所有生态食物链和食物网的根本营养来源。事实上, 现代生物技术也是建立在微生物学的基础之上。但任何事物都有它的两面性, 微生物也是一把双刃剑。它在造福人类的同时, 也威胁人类的生存达几千年, 即使在今天, 有的也还严重威胁着人类的生存, 如 2013—2016 年西非埃博拉疫情在西非的暴发; 2015 年首先在南美洲传播, 然后迅速蔓延至 70 多个国家和地区的寨卡病毒; 引起人类食物中毒及发生食源性疾病的金黄色葡萄球菌、蜡样芽孢杆菌、肉毒梭状芽孢杆菌、单增李斯特菌、沙门菌、致病性大肠埃希菌等微生物还在影响着人类正常的生产与生活, 威胁着人们的健康, 我们必须应对。

1.1.2 微生物的特点

微生物除了具有生物最基本的特征——新陈代谢、生命周期外, 还具有其自身的五大基本特点, 又称为微生物的五大共性, 现分别介绍。

(1) 个体小、表面积大

微生物个体很小, 多数以微米 (μm) 或纳米 (nm) 来量度大小, 如杆状细菌平均大小为 $0.5\mu\text{m}\times 2.0\mu\text{m}$, 质量 $1\times 10^{-10}\sim 1\times 10^{-9}\text{mg}$, 因此, 需借助显微镜将其放大数百乃至数十万倍方能辨认。但其比表面积 (表面积/体积) 非常大, 如假设人的比表面积为 1, 则与人体等重的大肠埃希菌比表面积的值可达 30 万。这说明微生物存在一个巨大的