



面向 21 世纪 课 程 教 材  
Textbook Series for 21st Century

SHIPINWEISHENGWUXUE  
SHIPINWEISHENGWUXUE  
SHIPINWEISHENGWUXUE

# 食品微生物学

(第 2 版)

何国庆 贾英民 丁立孝 ©主编



中国农业大学出版社  
ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

面向 21 世纪课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 食品微生物学

(第 2 版)

何国庆 贾英民 丁立孝 主编

中国农业大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品微生物学/何国庆,贾英民,丁立孝主编.—2版.—北京:中国农业大学出版社, 2009.8

ISBN 978-7-81117-837-1

I. 食… II. ①何… ②贾… ③丁… III. 食品微生物-微生物学 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 138107 号

书 名 食品微生物学(第 2 版)

作 者 何国庆 贾英民 丁立孝 主编

策划编辑 宋俊果 刘 军

责任编辑 韩元凤

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2009 年 9 月第 2 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 23.5 印张 580 千字

定 价 35.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

# 编写人员

**主 编** 何国庆(浙江大学)  
贾英民(河北科技大学)  
丁立孝(青岛农业大学)

**副主编** 李平兰(中国农业大学)  
孔庆学(天津农学院)  
贺稚非(西南大学)

**编写人员** (按姓氏笔画排列)  
丁立孝(青岛农业大学)  
孔庆学(天津农学院)  
牛天贵(中国农业大学)  
石木标(华南农业大学)  
刘书亮(四川农业大学)  
阮 晖(浙江大学)  
何国庆(浙江大学)  
李 平(同济大学)  
李平兰(中国农业大学)  
郑 燕(沈阳农业大学)  
贺稚非(西南大学)  
郝 林(山西农业大学)  
贾英民(河北科技大学)  
傅 力(新疆农业大学)

# 第 1 版编写人员

主 编 何国庆 贾英民

副主编 李平兰 孔庆学 贺稚非

参编人员 (按姓氏笔画排列)

牛天贵 中国农业大学

孔庆学 天津农学院

石木标 华南农业大学

刘书亮 四川农业大学

李 平 安徽农业大学

李平兰 中国农业大学

何国庆 浙江大学

贺稚非 西南农业大学

郝 林 山西农业大学

贾英民 河北农业大学

# 全国高等学校食品类专业系列教材 编审指导委员会委员

(按姓氏拼音排序)

- |     |             |      |             |
|-----|-------------|------|-------------|
| 曹小红 | 天津科技大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 陈绍军 | 福建农林大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 陈宗道 | 西南大学        | 教授   | 博士生导师       |
| 董海洲 | 山东农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 郝利平 | 山西农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 何国庆 | 浙江大学        | 教授   | 博士生导师       |
| 贾英民 | 河北科技大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 江连洲 | 东北农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 李洪军 | 西南大学        | 教授   | 博士生导师       |
| 李里特 | 中国农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 李士靖 | 中国食品科学技术学会  | 副秘书长 | 教授          |
| 李新华 | 沈阳农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 李云飞 | 上海交通大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 林家栋 | 中国农业大学      | 教授   | 中国农业大学出版社顾问 |
| 罗云波 | 中国农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 南庆贤 | 中国农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 蒲彪  | 四川农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 钱建亚 | 扬州大学        | 教授   | 博士生导师       |
| 石阶平 | 国家食品药品监督管理局 | 教授   | 博士生导师       |
| 史贤明 | 上海交通大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 孙远明 | 华南农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 夏延斌 | 湖南农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 谢笔钧 | 华中农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 谢明勇 | 南昌大学        | 教授   | 博士生导师       |
| 杨公明 | 华南农业大学      | 教授   | 博士生导师       |
| 岳田利 | 西北农林科技大学    | 教授   | 博士生导师       |
| 赵丽芹 | 内蒙古农业大学     | 教授   | 博士生导师       |
| 周光宏 | 南京农业大学      | 教授   | 博士生导师       |

# 出版说明并代序

承蒙广大读者厚爱,食品科学与工程系列教材出版6年来,业已成为目前全国高等学校本科食品类专业教育使用最为广泛的主要教科书。出版之初,这套教材便被整体列为教育部“面向21世纪课程教材”,至今已累计发行33万册,其中《食品生物技术导论》、《食品营养学》、《食品工程原理》、《粮油加工学》、《食品试验设计与统计分析》等书已成为“十五”、“十一五”国家级规划教材。实践证明,这套教材的设计、编写是成功的,它满足了这一时期我国食品生产发展和学科建设的需要,为我国食品专业人才培养做出了积极的贡献。

教材建设是学科建设的重要内容,是人才培养的重要支柱,也是社会 and 经济发展需求的反映。近年来,随着我国加入世界贸易组织,食品工业在机遇和挑战并存的形势下得以持续快速的发展,食品工业进入到了一个产业升级、调整提高的关键时期。食品产业出现了许多新情况和新问题,原有的教材无论在内容的广度上,还是在深度上,都已经难以满足时代的需要。教材建设无疑应该顺应时代发展,与时俱进,及时反映本学科科学技术发展的最新内容以及产业和社会经济发展的最新需求。正是在这样的思想指导下,我们重新修订和补充了这套教材。

在中国农业大学出版社的支持下,我们组织了全国40多所大专院校、科研院所的300多位一线专家教授,参与教材的编写工作,专家涉及生物、工程、医学、农学等领域。在认真总结原有教材编写经验的基础上,综合一线任课教师和学生的使用意见,对新增教材进行了科学论证和整体策划,以保证本套教材的系统性、完整性和实用性。新版系列教材在原有15本的基础上新增了20本,主要涉及食品营养、食品质量与安全、市场与企业管理等相关内容,几乎覆盖所有食品学科专业的骨干课程和主要选修课程。教材既考虑到对食品科学与工程最新理论发展的介绍,又强调了食品科学的具体实践。该系列教材力求做到每本既相对独立又相互衔接,互为补充,成为一个完整的课程体系。本套教材除可作为大专院校的教科书外,也可作为食品企业技术人员的参考材料和技术手册。

感谢参与策划、编写这套教材的所有专家学者,他们为这套教材贡献了经验、智慧、心血和时间,同时还要感谢各参与院校和单位所给予的支持。

由于本系列教材的编写工程浩大,加之时间紧、任务重,不足之处在所难免,希望广大读者、专家在使用过程中提出宝贵意见,以使这套教材得以不断完善和提高。

罗云波

2008年8月16日

于马连注

# 再版前言

食品微生物学是研究与食品有关的微生物以及微生物与食品关系的一门科学,它包括的内容主要有:微生物学的基础知识;有益微生物在食品加工过程中的应用;有害微生物在食品加工、贮藏等过程的预防和消除等。随着微生物学及生命科学的迅速发展,食品微生物学也从中获得了许多新的知识和新的技术,并应用这些新知识和新技术来生产更多富有营养和安全的食品,如生物工程技术已广泛地应用于食品贮藏、加工以及食品安全检测方面,并已取得了许多成果。

《食品微生物学》第2版在保持第1版结构特色的基础上,对原有内容进行了更新、调整和完善。增加了反映食品微生物学历史成就及发展前景的新内容,使学生知道食品微生物的昨天、今天和明天,知道当今食品微生物学研究的方向,进而促进开拓与创新。同时,本书还新增食物中毒与食源性病原微生物的内容,使学生的知识体系更加系统、明确。

食品微生物学是一门交叉学科,其综合性与应用性较强,本书特邀不同院校的十多位专家参加编写,所编写部分均为各自所熟悉的教学或科研内容,涉及面广,突出了“新”字,使学生便于了解学科的前沿发展。

本书的编写过程除考虑了以上几个方面外,还突出了如下特点:

(1)内容的取舍和编排上突出重点,尽量删除陈旧的内容。本书参考文献要求新且广。另外,要求每位编写人员都要结合自己的教学科研成果编写,尽量把学科前沿知识介绍给学生。

(2)在编写形式上,力求便于学生掌握知识和提高自学能力,每章开始都有学习目的与要求,结尾附有新颖并具有启发性的思考题,以方便学生巩固知识、举一反三、活学活用。

(3)食品微生物学是一门应用性很强的专业基础课,在编写内容上考虑了该门课的特点,尽量做到理论与生产实际相结合,图文并茂,以培养学生学习兴趣。

参加本书编写的有丁立孝、孔庆学、牛天贵、石木标、刘书亮、阮晖、何国庆、李平、李平兰、郑燕、贺稚非、郝林、贾英民、傅力等。在编写过程中得到各位编委的密切配合。青岛农业大学硕士研究生安燕参与了全书统稿和校对,特此致谢。同时也要对中国农业大学出版社的大力支持表示谢意。

本书适宜作为有关院校食品专业的本科教材,也可以供相关专业的研究生、科研人员及生命科学专业的师生参考。

由于编者水平和时间有限,缺点和错误在所难免,请广大读者和同行专家提出宝贵意见。

编者

2009年5月

于浙江大学华家池



# 第 1 版前言

食品微生物学是研究与食品有关的微生物以及微生物与食品关系的一门科学,它包括的内容主要有:微生物学的基础知识;有益微生物在食品加工过程中的应用;有害微生物在食品加工、贮藏等过程的预防和消除等。随着微生物学及生命科学的迅速发展,食品微生物学也从中获得了许多新的知识和新的技术,并应用这些新知识和新技术来生产更多富有营养和安全的食品,如生物工程技术已广泛地应用于食品贮藏、加工以及食品安全检测方面,并已取得了许多成果。我国已于 2001 年 11 月 10 日加入 WTO(World Trade Organization),因此食品微生物学的研究也将进入一个新时代,这对我们编写这本教材提出了更高的要求。本书先后组织了不同院校的 10 多位专家参加编写,所编写部分均为各自所熟悉的的教学或科研内容,涉及面广,突出了“新”字,使学生便于了解学科的前沿发展。

本书的编写过程除考虑了以上几个方面外,还突出了如下特点:

1. 内容的取舍和编排上突出重点,尽量删除陈旧的内容。本书参考文献要求新且广。另外,要求每位编写人员都要结合自己的教学科研成果编写,尽量把学科前沿知识介绍给学生。

2. 在编写形式上,力求便于学生掌握知识和提高自学能力,每章开始都有学习目的与要求,结尾附有少而精的思考题,以方便学生巩固所学知识,举一反三,活学活用。

3. 食品微生物学是一门应用性很强的专业基础课,在编写内容上考虑了该门课的特点,尽量做到理论与生产实际相结合,图文并茂,以培养学生学习兴趣。

本教材是高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目(04-10)研究成果。

本书编写人员的分工为,第 1 章由何国庆编写,第 2 章由石木标编写,第 3 章由贾英民、刘书亮编写,第 4 章由贺稚非编写,第 5 章由李平编写,第 6 章由牛天贵编写,第 7 章由孔庆学编写,第 8 章由郝林编写,第 9 章由李平兰编写,第 10 章由刘书亮编写。浙江大学食品科学与工程学院博士研究生丁立孝和硕士研究生孔青参与了全书统稿和校对工作,特此致谢。同时也要对中国农业大学出版社的大力支持表示谢意。

本书适宜作为有关院校食品专业的本科教材,也可以供相关专业的研究生、科研人员及生命科学专业的师生参考。

由于编者水平和时间有限,缺点和错误在所难免,请广大读者和同行专家提出宝贵意见。

编 者

2001.11

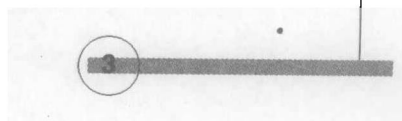
于浙江大学华家池校区

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 微生物的概念及其在生物分类中的地位 .....	2
1.1.1 微生物的概念 .....	2
1.1.2 微生物在生物分类中的地位 .....	2
1.2 微生物的生物学特性 .....	3
1.2.1 代谢活力强 .....	3
1.2.2 繁殖快 .....	3
1.2.3 种类多、分布广 .....	4
1.2.4 适应性强、易变异 .....	4
1.3 微生物学及其主要分支学科 .....	5
1.4 微生物学的形成和发展 .....	6
1.4.1 微生物学的形成和发展 .....	6
1.4.2 我国微生物学的发展 .....	9
1.4.3 食品微生物学的发展 .....	9
1.5 食品微生物学研究的内容与任务 .....	15
1.5.1 食品微生物学研究的内容 .....	15
1.5.2 食品微生物学的任务 .....	15
思考题 .....	16
<b>第 2 章 微生物主要类群及其形态与结构</b> .....	17
2.1 原核微生物与真核微生物的概念及其主要区别 .....	18
2.2 原核微生物的形态、结构及其生理功能 .....	18
2.2.1 细菌 .....	19
2.2.2 放线菌 .....	35
2.3 真核微生物的形态、结构及其生理功能 .....	37
2.3.1 酵母菌 .....	38
2.3.2 霉菌 .....	44
2.3.3 大型真菌 .....	53
2.4 非细胞生物——病毒 .....	57
2.4.1 病毒的形态结构及主要类群 .....	57
2.4.2 噬菌体 .....	62

2.5 微生物的分类 .....	67
2.5.1 微生物的分类 .....	67
2.5.2 微生物分类的依据 .....	68
2.5.3 细菌分类系统简介 .....	73
思考题 .....	75
<b>第3章 微生物的营养与代谢</b> .....	<b>76</b>
3.1 微生物的营养 .....	77
3.1.1 微生物细胞的化学组成和营养要素 .....	77
3.1.2 微生物对营养物质的吸收 .....	79
3.1.3 微生物的营养类型 .....	82
3.1.4 培养基( medium).....	84
3.2 微生物的代谢 .....	86
3.2.1 微生物的能量代谢 .....	87
3.2.2 微生物的分解代谢 .....	89
3.2.3 微生物发酵的代谢途径 .....	98
3.2.4 微生物独特的合成代谢——肽聚糖的生物合成 .....	101
思考题 .....	104
<b>第4章 微生物的生长</b> .....	<b>106</b>
4.1 微生物生长的概念 .....	107
4.2 微生物生长量的测定 .....	107
4.2.1 测生长量 .....	107
4.2.2 计数法 .....	109
4.3 微生物的群体生长规律 .....	110
4.3.1 单细胞微生物的典型生长曲线 .....	110
4.3.2 微生物的连续培养 .....	114
4.3.3 同步生长 .....	115
4.4 环境因素对微生物生长的影响 .....	116
4.4.1 温度 .....	117
4.4.2 干燥 .....	123
4.4.3 渗透压 .....	123
4.4.4 辐射 .....	123
4.4.5 pH 值 .....	124
4.4.6 氧气 .....	126
4.4.7 超声波 .....	127
4.4.8 氧化剂 .....	127
4.4.9 重金属盐类 .....	128
4.4.10 有机化合物 .....	128
思考题 .....	129

<b>第 5 章 微生物的遗传变异与菌种选育</b> .....	131
5.1 微生物遗传变异的物质基础 .....	132
5.1.1 遗传和变异的物质基础 .....	132
5.1.2 DNA 的结构与复制 .....	135
5.1.3 遗传物质的存在形式 .....	138
5.2 微生物的基因突变 .....	138
5.2.1 突变的类型 .....	139
5.2.2 基因突变的特点 .....	142
5.2.3 基因突变的机制 .....	142
5.3 微生物的基因重组 .....	147
5.3.1 原核生物的基因重组 .....	148
5.3.2 噬菌体的基因重组 .....	153
5.3.3 真核微生物的基因重组 .....	154
5.4 微生物的菌种选育 .....	155
5.4.1 自然界工业菌种筛选程序 .....	156
5.4.2 微生物的诱变育种 .....	158
5.4.3 微生物的杂交育种 .....	164
5.4.4 原生质体育种 .....	165
5.4.5 基因工程技术用于工业菌种改良 .....	166
5.5 微生物菌种保藏及复壮 .....	167
5.5.1 微生物菌种保藏 .....	167
5.5.2 菌种的退化与复壮 .....	171
思考题 .....	173
<b>第 6 章 微生物的生态</b> .....	174
6.1 微生物在自然界中的分布 .....	175
6.1.1 土壤中的微生物 .....	175
6.1.2 水体中的微生物 .....	176
6.1.3 空气中的微生物 .....	178
6.1.4 食品环境中的微生物 .....	180
6.1.5 生物体内外的正常菌群 .....	183
6.1.6 极端环境中的微生物 .....	187
6.2 微生物与生物环境间的关系 .....	189
6.2.1 互生 .....	189
6.2.2 共生 .....	189
6.2.3 寄生 .....	190
6.2.4 拮抗 .....	190
6.2.5 捕食 .....	190
6.3 微生物在生态系统中的作用和地位 .....	191



6.3.1	微生物在生态系统中的地位 .....	191
6.3.2	微生物与生物地球化学循环 .....	191
6.3.3	微生物在环境保护中的作用 .....	192
	思考题 .....	195
<b>第7章</b>	<b>食品制造中的主要微生物及其应用 .....</b>	<b>196</b>
7.1	食品制造中的主要细菌及其应用 .....	197
7.1.1	食醋 .....	197
7.1.2	发酵乳制品 .....	204
7.1.3	谷氨酸发酵 .....	206
7.1.4	黄原胶 .....	209
7.2	食品制造中的酵母及其应用 .....	214
7.2.1	面包 .....	214
7.2.2	酿酒 .....	218
7.2.3	酵母细胞的综合利用 .....	222
7.3	食品制造中的霉菌及其应用 .....	223
7.3.1	生产用霉菌菌种 .....	223
7.3.2	酱类 .....	223
7.3.3	酱油 .....	225
7.3.4	柠檬酸 .....	228
7.3.5	苹果酸 .....	231
7.4	食品制造中的主要微生物酶制剂及其应用 .....	233
7.4.1	产酶微生物 .....	233
7.4.2	微生物酶制剂的发酵生产 .....	233
7.4.3	酶制剂在食品工业中的应用 .....	237
	思考题 .....	245
<b>第8章</b>	<b>食品的微生物污染 .....</b>	<b>247</b>
8.1	污染食品的微生物来源及其途径 .....	248
8.1.1	污染食品的微生物来源 .....	248
8.1.2	微生物污染食品的途径 .....	252
8.1.3	食品中微生物的消长 .....	253
8.2	食品的细菌污染 .....	254
8.2.1	细菌污染的特点 .....	254
8.2.2	引起食品腐败变质的细菌科属 .....	254
8.2.3	食品中细菌总数及其食品卫生学意义 .....	262
8.2.4	大肠菌群及其食品卫生学意义 .....	263
8.3	食品的酵母污染 .....	263
8.4	食品的霉菌污染 .....	264
8.4.1	霉菌污染的特点 .....	264

8.4.2	霉菌产毒的特点	264
8.4.3	引起食品腐败变质及产毒的霉菌	265
8.4.4	主要的霉菌毒素	265
8.4.5	霉菌及其毒素的食品卫生学意义	269
	思考题	270
<b>第9章</b>	<b>食品腐败变质及其控制</b>	<b>271</b>
9.1	食品的腐败与变质	272
9.1.1	微生物引起食品变质的基本条件	272
9.1.2	食品腐败变质的化学过程	279
9.1.3	食品腐败变质的鉴定	281
9.1.4	腐败变质食品的卫生学意义及处理原则	283
9.1.5	各类食品的腐败变质	284
9.2	食品腐败变质的控制	295
9.2.1	食品的防腐保藏方法	295
9.2.2	食品综合防腐保质理论与技术	310
9.2.3	加强食品企业的卫生管理	314
	思考题	317
<b>第10章</b>	<b>食物中毒与食源性病原微生物</b>	<b>318</b>
10.1	食物中毒概述	319
10.1.1	食物中毒的概念	319
10.1.2	食物中毒的特点	319
10.1.3	食物中毒的类型	319
10.2	导致食物中毒的病原性微生物	320
10.2.1	沙门氏菌食物中毒	320
10.2.2	葡萄球菌食物中毒	324
10.2.3	致病性大肠埃希氏菌食物中毒	326
10.2.4	变形杆菌食物中毒	329
10.2.5	副溶血性弧菌食物中毒	331
10.2.6	肉毒梭菌食物中毒	334
10.2.7	单核细胞增生李斯特氏菌食物中毒	336
10.2.8	空肠弯曲菌食物中毒	338
10.2.9	蜡样芽孢杆菌食物中毒	340
10.2.10	其他细菌性食物中毒	342
10.2.11	细菌性食物中毒病原菌的常规检验方法	343
10.2.12	真菌性食物中毒	344
10.3	引起消化道传染病的食源性病原微生物	344
10.3.1	痢疾志贺氏菌	344
10.3.2	伤寒与副伤寒沙门氏菌	346

10.3.3 霍乱和副霍乱弧菌 .....	347
10.3.4 炭疽杆菌 .....	348
10.3.5 布鲁氏杆菌 .....	350
10.3.6 结核分枝杆菌 .....	351
10.3.7 脊髓灰质炎病毒 .....	352
10.3.8 甲肝病毒 .....	352
思考题 .....	353
附:本章微生物菌种名称 .....	353
参考文献 .....	355

# Chapter 1

## 第 1 章 绪论

### ► 本章学习目的与要求

1. 掌握微生物的概念和生物学特征及其在生物分类中的地位；
2. 了解微生物学及其主要分支学科，微生物学的形成与发展以及食品微生物学研究的内容与任务。



## 1.1 微生物的概念及其在生物分类中的地位

### 1.1.1 微生物的概念

微生物(microorganism, microbe)一词并非生物分类学上的专门名词,而是指大量的、极其多样的、不借助显微镜看不见的微小生物类群的总称。因此,微生物通常包括病毒、细菌、真菌、原生动物和某些藻类,它们的大小和特征见表 1-1。

表 1-1 微生物形态、大小和细胞类型

微生物	大小	细胞特征
病毒	0.01~0.25 $\mu\text{m}$	非细胞的
细菌	0.1~10 $\mu\text{m}$	原核生物
真菌	2 $\mu\text{m}$ ~1 m	真核生物
原生动物	2~1 000 $\mu\text{m}$	真核生物
藻类	1 $\mu\text{m}$ 至几米	真核生物

但是有些例外。如许多真菌子实体、蘑菇等常肉眼可见;某些藻类能生长几米长。一般来说,微生物可以认为是相当简单的生物,大多数的细菌、原生动物、某些藻类和真菌是单细胞的微生物,即使为多细胞的微生物,也没有许多的细胞类型。病毒甚至没有细胞,只有蛋白质外壳包围着的遗传物质,且不能独立生活。

### 1.1.2 微生物在生物分类中的地位

在生物发展的历史上,曾把所有的生物分为动物界和植物界两大类。而微生物,不仅形体微小、结构简单,而且它们中间有些类型像动物,有些类型像植物,还有些类型既有动物的某些特征,又具有植物的某些特征,因而归于动物或植物都不合适。于是,1866年海克尔(Haeckel)提出区别动物界与植物界的第三界——原生生物界。它包括藻类、原生动物、真菌和细菌。

随着科学的发展,新技术和研究方法的应用,尤其是电子显微镜和超显微结构研究技术的应用,发现了生物的细胞核有两种类型,一种是没有真正的核结构,称为原核,其细胞不具核膜,只有一团裸露的核物质;另一种是由核膜、核仁及染色体组成的真正的核结构称为真核。动物界、植物界及原生生物界中的大部分藻类、原生动物和真菌是真核生物,而细菌、蓝细菌则是原核生物。真核生物和原核生物不仅细胞核的结构不同,而且其性状也有差别,真核生物和原核生物性状的比较内容将在第 2 章详细介绍。

根据核结构的不同,1969年魏塔科(Whittaker)提出五界系统,即动物界、植物界、原