



普通高等教育“十三五”精品课程建设教材



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

食品微生物学

第 3 版

何国庆 贾英民 丁立孝◎主编

Food Microbiology



中国农业大学出版社

China Agricultural University Press





普通高等教育“十三五”精品课程建设教材



面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

食品微生物学

第 3 版

何国庆 贾英民 丁立孝 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要阐述了微生物的概念、生物学特性等基础知识,微生物学和食品微生物学的发展及研究内容与任务,微生物主要类群的形态、结构及生理特征,微生物的营养需要及代谢,微生物生长概念及规律,微生物的遗传变异与优良菌种的选育与保藏,微生物的生态,有益微生物在食品工业中的应用,食品中污染微生物的种类、给人类带来的危害,防止食品腐败变质的措施,微生物及其毒素污染食品引起的人和畜禽食物中毒的种类及预防措施等。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。

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. —3版. —北京:中国农业大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5655-1615-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 186612 号

书 名 食品微生物学 第3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
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 010-62818525,8625 编辑部 010-62732617,2618	读者服务部	010-62732336
网 址	http://www.cau.edu.cn/caup	出 版 部	010-62733440
经 销	新华书店	E-mail	cbsszs @ cau.edu.cn
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		
版 次	2016年9月第3版 2016年9月第1次印刷		
规 格	787×1 092 16开本 23印张 570千字		
定 价	45.00元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

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)

- | | | | |
|-----|--------|-----|--------------|
| 毕 阳 | 甘肃农业大学 | 孟素荷 | 中国食品科学技术学会 |
| 陈 卫 | 江南大学 | 南庆贤 | 中国农业大学 |
| 陈复生 | 河南农业大学 | 蒲 彪 | 四川农业大学 |
| 陈绍军 | 福建农林大学 | 钱建亚 | 扬州大学 |
| 陈宗道 | 西南大学 | 石阶平 | 国家食品药品监督管理总局 |
| 董海洲 | 山东农业大学 | 史贤明 | 上海交通大学 |
| 郝利平 | 山西农业大学 | 孙宝国 | 北京工商大学 |
| 何国庆 | 浙江大学 | 孙远明 | 华南农业大学 |
| 贾英民 | 河北科技大学 | 田洪涛 | 河北农业大学 |
| 江连洲 | 东北农业大学 | 王 硕 | 天津科技大学 |
| 李洪军 | 西南大学 | 夏延斌 | 湖南农业大学 |
| 李新华 | 沈阳农业大学 | 谢笔钧 | 华中农业大学 |
| 李云飞 | 上海交通大学 | 谢明勇 | 南昌大学 |
| 林家栋 | 中国农业大学 | 薛长湖 | 中国海洋大学 |
| 刘金福 | 天津农学院 | 严卫星 | 国家食品安全风险评估中心 |
| 刘景圣 | 吉林农业大学 | 岳田利 | 西北农林科技大学 |
| 刘静波 | 吉林大学 | 赵丽芹 | 内蒙古农业大学 |
| 罗云波 | 中国农业大学 | 赵谋明 | 华南理工大学 |
| 马 涛 | 渤海大学 | 周光宏 | 南京农业大学 |

第3版编写人员

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 孔庆学（天津农学院）
贺稚非（西南大学）
刘书亮（四川农业大学）
廖振林（华南农业大学）
郝 林（山西农业大学）
郭东起（塔里木大学）

编写人员 （按姓氏笔画排序）

丁立孝（青岛农业大学）	杨 宁（山西农业大学）
王荣荣（信阳农林学院）	何国庆（浙江大学）
孔庆学（天津农学院）	郑 艳（沈阳农业大学）
邓凯波（福建农林大学）	郝 林（山西农业大学）
朱丽霞（塔里木大学）	贺稚非（西南大学）
任晓璞（塔里木大学）	贾英民（河北科技大学）
刘书亮（四川农业大学）	郭东起（塔里木大学）
江玉姬（福建农林大学）	梁志宏（中国农业大学）
许 倩（塔里木大学）	廖振林（华南农业大学）
阮 晖（浙江大学）	

第2版编写人员

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（按姓氏笔画排序）
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 艳（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 (按姓氏笔画排序)

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)

出版说明

(代总序)

时光荏苒,食品科学与工程系列教材第一版发行距今,已有14年。总计120余万册的发行量,已经表明了这套教材受欢迎的程度,应该说它是全国食品类专业教育使用最多的系列教材。

这套教材已成为经典,作为总策划的我,在再再版的今天,重新翻阅这套教材的每一科目、每一章节,在感慨流年如水的同时,更有许多思考和感激。这里,借写出版说明(代总序)的机会,再一次总结本套教材的编撰理念和特点特色,也和我挚爱的同行们分享我的感悟和喜乐。

第一,优秀的教材一定是心血凝成的精品,杜绝任何形式的粗制滥造。

14年前,全国40余所大专院校、科研院所,300多位一线专家教授,涵盖生物、工程、医学、农学等领域,齐心协力组建出一支代表国内食品科学最高水平的教材撰写队伍。著作者们呕心沥血,在教材中倾注平生所学,那字里行间,既有学术思想的精粹凝结,也不乏治学精神的光华闪现,诚所谓学问人生,经年积成,食品世界,大家风范。这精心的创作,和彼敷衍的粘贴,其间距离,岂止云泥!

第二,优秀的教材必以学生为本,不是居高临下的自说自话。

注重以学生为本,就是彻底摒弃传统填鸭式的教学方法。著作者们谨记“授人以鱼不如授人以渔”,在传授食品科学知识的同时,更启发食品科学人才获取知识和创造知识的思维与灵感。润物细无声中,尽显自由思想,彰耀独立精神。在写作风格上,也注重学生的参与性与互动性,接地气,说实话,深入浅出,有料有趣。

第三,优秀教材与时俱进、推陈出新,绝不墨守成规、原地不动。

首版再版再再版,均是在充分收集和尊重一线任课教师和学生意见的基础上,对新增教材进行科学论证和整体策划。每一次工作量都不小,几乎覆盖食品学科专业的所有骨干课程和主要选修课程,但每一次都不敢有丝毫懈怠,内容的新颖性,教学的有效性,齐头并进,一样都不能少。具体而言,此次再再版,不仅增添了食品科学与工程最新理论发展,又以相当篇幅强调了食品工艺的具体实践。

每本教材,既相对独立又相互衔接互为补充,构建起系统、完整、实用的课程体系。

第四,优秀教材离不开出版社编辑人员的心血倾注。

同为他人作嫁衣裳,教材的作者和编辑,都一样的忙忙碌碌,飞针走线。这套系列教材的编辑们站在出版前沿,以其炉火纯青的专业技能,辅以最新最好的出版传播方式,保证了这套教材的出版质量和形式上的生动活泼。编辑们的高超水准和辛勤努力,赋予了此套教材蓬勃旺盛的生命力。

这里,我也想和同行们分享以下数字,以表达我发自内心的喜悦:

第1版食品科学与工程系列教材出版于2002年,涵盖食品学科15个科目,全部入选“面向21世纪课程教材”。

第2版(再版)食品科学与工程系列教材出版于2009年,涵盖食品学科29个科目。

第3版(再再版)食品科学与工程系列教材将于2016年暑期出版(其中《食品工程原理》为第4版),涵盖食品学科36个科目,增加了《食品工厂设计》《食品分析》《食品感官评价》《葡萄酒工艺学》《生物技术安全与检测》等9个科目,调整或更名了部分科目。

需要特别指出的是,这其中,《食品生物技术导论》《食品安全导论》《食品营养学》《食品工程原理》4个科目为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材;《食品化学》《食品化学综合实验》《食品工艺学导论》《粮油加工学》《粮油加工学实验技术》《食品酶学与工程》6个科目为普通高等教育农业部“十二五”规划教材;《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》为“十五”或“十一五”国家级规划教材。

本套食品科学与工程系列教材出版至今已累计发行超过126万册,使用教材的院校140余所。

第3版有500余人次参与编写,参与编写的院所近80家。

本次出版在纸质基础上引入了数字化元素,增加了二维码,内容涉及推荐阅读文字,直观的图片展示,以及生动形象的短小视频等,使教材的内容更加丰富、信息量更大,形式更加活泼,使用更加便捷,与学生的阅读和学习习惯更加贴近。

虽然我的确有敝帚自珍的天性,但我也深深地知道,世上的事没有百分之百的完美。我还要真心地感谢在此套教材中肯定存在的那些不完美,因为正是她们给了我们继续向前的动力。这里,我真诚地期待大家提出宝贵意见,让我们与这套教材一起共同成长,更加进步。

罗云波

2016年5月5日 于马连洼

第3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,如用微生物对农产品进行生物转化,微生物资源的开发利用。生物工程技术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1版于2001年出版,第2版于2009年出版,每一版都进行了多次印刷,深受师生欢迎,但近年来食品微生物学发展迅速,因此我们进行了第3版的编写工作。2015年5月《食品微生物学》第3版编委会在美丽的扬州召开,会上大家认真讨论,集思广益,对第2版教材进行修订,提出了在保持教材编写体量基本不变的基础上,增加了近几年的新内容,并通过使用新的技术,在纸质教材中融入数字化元素二维码,将部分章节的拓展内容放在二维码中,这些二维码内容具有科普性、知识性、引导性,学生可以通过扫二维码,直接进入拓展学习,增强学生的求知欲望和学习的主动性。第3版教材进一步扩大了参与编写院校的范围,教材的适用性更加广泛。

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10余所不同院校的专家参加编写,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,部分章节使用二维码拓展内容,不增加书本编写体量,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,力争处理好内容的先进性与系统性、基础性与应用性的关系,尽量做到理论与生产实践相结合,图文并茂,以培养学生的学习兴趣。

参加本书编写的有:丁立孝、王荣荣、孔庆学、邓凯波、朱丽霞、任晓璞、刘书亮、江玉姬、许

倩、阮晖、杨宁、何国庆、郑艳、郝林、贺稚非、贾英民、郭东起、梁志宏、廖振林。在编写过程中得到各位编委的密切配合。信阳农林学院王荣荣老师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

2016年5月

于浙江大学

第2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的研究方向,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、郑艳、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 年 11 月

于浙江大学华家池校区

目 录

第 1 章 绪论	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 体积小、面积大	3
1.2.2 生长旺、繁殖快	3
1.2.3 吸收多、转化快	4
1.2.4 种类多、分布广	4
1.2.5 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	14
1.5.1 食品微生物学研究的内容	14
1.5.2 食品微生物学的任务	15
本章小结	15
重要名词	16
思考题	16
第 2 章 微生物主要类群及其形态与结构	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	18
2.2.2 放线菌	36
2.2.3 其他原核微生物	40
2.3 真核微生物的形态、结构及其生理功能	43
2.3.1 酵母菌	44

2.3.2 霉菌·····	52
2.3.3 大型真菌·····	62
2.4 非细胞生物——病毒·····	65
2.4.1 病毒的形态结构及主要类群·····	66
2.4.2 噬菌体·····	71
2.5 微生物的分类·····	76
2.5.1 微生物的分类·····	76
2.5.2 微生物分类的依据和方法·····	77
2.5.3 细菌分类系统简介·····	81
2.6 微生物与免疫·····	85
2.6.1 微生物免疫的基本概念·····	85
2.6.2 免疫系统的基本功能·····	85
2.6.3 免疫的物质基础·····	86
2.6.4 免疫应答·····	86
2.6.5 免疫应答及其基本过程·····	86
2.6.6 抗原·····	87
2.6.7 抗体和免疫球蛋白·····	87
2.6.8 免疫球蛋白的基本结构·····	87
2.6.9 微生物免疫检测技术·····	91
本章小结·····	94
重要名词·····	95
思考题·····	95
第3章 微生物的营养与代谢 ·····	97
3.1 微生物的营养·····	98
3.1.1 微生物细胞的化学组成和营养要素·····	98
3.1.2 微生物对营养物质的吸收·····	100
3.1.3 微生物的营养类型·····	102
3.1.4 培养基·····	104
3.2 微生物的代谢·····	107
3.2.1 微生物的能量代谢·····	107
3.2.2 微生物的分解代谢·····	109
3.2.3 微生物发酵的代谢途径·····	116
3.2.4 微生物独特的合成代谢·····	120
3.2.5 微生物代谢的调节·····	122
本章小结·····	123
重要名词·····	123

思考题	123
第 4 章 微生物的生长	125
4.1 微生物生长的概念	126
4.2 微生物生长量的测定	126
4.2.1 测定生长量	126
4.2.2 计数法	127
4.3 微生物的群体生长规律	129
4.3.1 单细胞微生物的典型生长曲线	129
4.3.2 微生物的连续培养	133
4.3.3 同步生长	134
4.4 环境因素对微生物生长的影响	134
4.4.1 温度	135
4.4.2 干燥	140
4.4.3 渗透压	141
4.4.4 辐射	141
4.4.5 pH	142
4.4.6 氧气	143
4.4.7 超声波	145
4.4.8 氧化剂	145
4.4.9 重金属盐类	146
4.4.10 有机化合物	146
本章小结	146
重要名词	147
思考题	147
第 5 章 微生物的遗传变异与菌种选育	149
5.1 微生物遗传变异的物质基础	150
5.1.1 三个经典实验	150
5.1.2 DNA 的结构与复制	152
5.1.3 遗传物质的存在形式	159
5.2 微生物的基因突变	159
5.2.1 突变的类型	160
5.2.2 基因突变的特点	162
5.2.3 基因突变的机制	162
5.3 微生物的基因重组	167
5.3.1 原核生物的基因重组	167
5.3.2 噬菌体的基因重组	172

5.3.3 真核微生物的基因重组	173
5.4 微生物的菌种选育	174
5.4.1 微生物的诱变育种	174
5.4.2 微生物的杂交育种	177
5.4.3 原生质体育种	178
5.4.4 基因工程技术用于工业菌种改良	179
5.4.5 基因组水平上的微生物育种	179
5.5 微生物菌种保藏及复壮	181
5.5.1 微生物菌种保藏	181
5.5.2 菌种的退化与复壮	183
本章小结	185
重要名词	185
思考题	185
第6章 微生物的生态	187
6.1 微生物在自然界中的分布	188
6.1.1 土壤中的微生物	188
6.1.2 水体中的微生物	189
6.1.3 空气中的微生物	191
6.1.4 食品环境中的微生物	192
6.1.5 生物体内外的正常菌群	195
6.1.6 极端环境中的微生物	199
6.2 微生物与生物环境间的关系	200
6.2.1 互生	200
6.2.2 共生	201
6.2.3 寄生	201
6.2.4 拮抗	201
6.2.5 捕食	202
6.3 微生物在生态系统中的作用和地位	202
6.3.1 微生物在生态系统中的地位	202
6.3.2 微生物与生物地球化学循环	202
6.3.3 微生物在环境保护中的作用	203
本章小结	206
重要名词	206
思考题	206
第7章 微生物与食品制造	208
7.1 食品发酵的类型与特点	209