



全国高等学校食品质量与安全专业适用教材
QUANGUO GAODENG XUOXIAO SHIPIN ZHILIANG YU ANQUAN ZHUANYE SHIYONG JIAOCAI

食品 微生物学

董明盛 贾英民 主编

S H I P I N W E I S H E N G W U X U E



全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

食品微生物学

董明盛 贾英民 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品微生物学/董明盛,贾英民主编. —北京:中国轻工业出版社,2006.9

全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

ISBN 7-5019-5545-X

I. 食... II. ①董...②贾... III. 食品-微生物学-高等学校:技术学校-教材 IV. TS201.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 087811 号

责任编辑:马妍

策划编辑:李亦兵 责任终审:滕炎福 封面设计:王佳芃

版式设计:马金路 责任校对:燕杰 责任监印:胡兵 张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经销:各地新华书店

版次:2006年9月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:24

字数:500千字

书号:ISBN 7-5019-5545-X/TS·3220 定价:40.00元

读者服务部邮购热线电话:010—65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010—85119817 65128898 传真:85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

40707J4X101ZBW

食品质量与安全专业教材编写委员会

主 任 西北农林科技大学

副主任 湖南农业大学

哈尔滨商业大学

江苏大学

东北农业大学

河北科技大学

杭州商学院

委 员 北京农学院

西南农业大学

南京农业大学

云南农业大学

中国农业大学

南京经济学院

莱阳农学院

华南理工大学

大连轻工业学院

上海水产大学

江南大学

天津科技大学

吉林大学

吉林农业大学

浙江大学

陕西科技大学

中国海洋大学

郑州轻工业学院

山西农业大学

北京联合大学应用文理学院

河北农业大学

海南大学

广西大学

江苏大学

中国海洋大学

秘书长 西北农林科技大学

杨公明教授

夏延斌教授

马兴胜教授

董英教授

刘宁教授

陈辉教授

邓少平教授

艾启俊教授

陈宗道教授

董明盛教授

葛长荣教授

何计国副教授

鞠兴荣教授

姜连芳教授

李汴生教授

衣绍庄教授

宁喜斌副教授

钱和教授

阮美娟副教授

孙永海教授

沈明浩副教授

沈建福副教授

宋宏新教授

汪东风教授

王岁楼教授

王如福教授

张波教授

张伟副教授

易美华教授

文良娟副教授

赵杰文教授

林洪教授

樊明涛教授

《食品微生物学》编委会

主 编 南京农业大学 董明盛
 河北农业大学 贾英民
副 主 编 西南农业大学 贺稚非
 西北农林科技大学 樊明涛
 上海水产大学 宁喜斌

参编人员（按姓氏笔画排序）

郑州轻工业学院 王岁楼
山西农业大学 王晓闻
河北农业大学 田洪涛
北京农学院 刘 慧
陕西科技大学 吕嘉枋
华南理工大学 许喜林
南京财经大学 吴 定
湖南农业大学 李宗军
南京农业大学 邹晓葵
南京农业大学 陈晓红
南京农业大学 姜 梅
南京农业大学 吕 欣
内蒙古农业大学 殷文政

前 言

随着以基因工程技术为核心的现代生物技术的迅猛发展,传统微生物学的面貌已经发生了极大的改变。我们正面临着一个新的微生物学时代的到来,将在分子水平上重新认识我们熟悉而又陌生的微生物。

目前,由微生物所导致的食品安全问题已经成为一个世界性的公共卫生问题。即使在发达国家,每年大约3个人中就有1个受到食源性病症的困扰。而且与微生物有关的食物生物性污染又呈现新旧交替和旧病复发的趋势,例如,新出现的禽流感、SARS、疯牛病等,死灰复燃的结核、霍乱、脑膜炎、鼠疫都还在威胁着人类的健康。

面对微生物学的发展和我們所面临的食品安全形势,作为一本主要针对食品安全的微生物学教材,如何处理好基础与前沿的关系?如何处理系统微生物学知识和食品安全微生物之间的关系?用有限的篇幅将系统的微生物学知识传授给学生,同时将与食品安全相关的微生物知识系统阐释,这是我们编写这本教材的主要宗旨。此外,目前国内许多高等院校都已经或者准备设立食品质量与安全专业,虽然微生物与食品安全息息相关,但此前还没有专门阐述微生物与食品安全之间关系的教材。

全书共3篇12章,分别由南京农业大学、河北农业大学、内蒙古农业大学、华南理工大学、陕西科技大学、上海水产大学、西南农业大学、北京农学院、西北农林科技大学、湖南农业大学、山西农业大学、郑州轻工业学院、南京财经大学等多位长期从事微生物教学和科研、具有丰富教学实践经验的老师合作编写而成。绪论由董明盛、吕欣、殷文政编写;第一章由贺稚非、殷文政编写;第二章由吕嘉栢、殷文政编写;第三章由刘慧编写;第四章由宁喜斌编写;第五章由樊明涛编写;第六章由李宗军、董明盛、宁喜斌编写;第七章由贾英民、田洪涛编写;第八章由樊明涛编写;第九章由吴定编写;第十章由陈晓红、姜梅、邹晓葵编写;第十一章由王岁楼、王晓闻、邹晓葵编写;第十二章由许喜林编写。

在本书编写过程中,南京农业大学食品科技学院硕士研究生王长存、袁媛、李除夕、陆永梅、李雪、曹建平等为本书校稿做了大量工作,在本书出版之际向他们表示诚挚的谢意!

第一次编写专门给食品质量与安全专业学生使用的微生物教材,时间仓促,限于编者的能力和水平,缺陷和错误在所难免,希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论 微生物与食品安全	1
第一节 微生物世界	1
一、微生物概述	1
二、微生物的特点	1
三、微生物学及其学科地位	2
第二节 微生物分类及命名	3
一、微生物在生物界的位置	3
二、微生物分类与命名	6
第三节 微生物与食品安全的关系	8
一、微生物学在食品质量和安全管理中的作用	9
二、食品加工中微生物的控制和食品安全	10
第四节 微生物学发展历史与食品微生物学的未来	12
一、微生物学的奠基	12
二、食品微生物学发展大事记	14
三、食品微生物学的发展趋势	18
思考题	19

第一篇 基 础 篇

第一章 原核微生物：细菌和古细菌	20
第一节 细菌的形态大小与排列	20
一、细菌的大小	20
二、细菌的形态与排列方式	20
第二节 细菌的细胞结构	22
一、基本结构	23
二、细菌的表面结构与特殊结构	33
三、L型细菌及其生物学特性	42
第三节 细菌的生长和繁殖	43
一、细菌生长繁殖的过程	43

二、细菌的群体生长规律	43
三、影响细菌生长繁殖的因素	47
第四节 细菌的分类与鉴定	53
一、细菌分类鉴定的依据和方法	53
二、细菌分类系统概要	58
思考题	60
第二章 真核微生物：霉菌和酵母	61
第一节 真菌细胞的结构特征	61
一、细胞壁	61
二、细胞膜	62
三、细胞核	63
四、细胞质	63
五、细胞器	64
第二节 霉菌的形态与结构	67
一、菌丝形态与构造	68
二、菌丝体及其各种分化形式	69
三、霉菌菌落形态	71
第三节 酵母菌的形态与结构	71
一、酵母菌的形态与大小	71
二、酵母菌的细胞结构	71
三、酵母菌的菌落特征	72
第四节 真菌的生长与繁殖方式	73
一、丝状真菌的生长	73
二、酵母菌的生长	74
第五节 真菌分类鉴定及分类系统概要	75
一、真菌的分类原则和依据	75
二、真菌的分类系统概要	77
思考题	78
第三章 非细胞生物：病毒和亚病毒	79
第一节 病毒的生物学本质	79
一、病毒学研究的意义	79
二、病毒的基本特点和定义	79
第二节 病毒的形态结构与功能	81
一、病毒的大小与形态	81
二、病毒的结构与功能	82

三、病毒衣壳的对称性	86
四、病毒的包涵体	87
第三节 病毒的增殖	88
一、一步生长曲线	88
二、病毒的一般增殖过程	89
第四节 亚病毒粒子	92
一、类病毒	93
二、卫星病毒	93
三、卫星 RNA	94
四、朊病毒	95
第五节 病毒的抵抗力与变异	96
一、病毒对理化因素的抵抗力	96
二、病毒的变异	97
第六节 病毒的分类与命名	99
一、病毒的种类	99
二、病毒的分类依据	100
三、病毒的命名规则	101
四、病毒的分类系统	102
思考题	102
第四章 微生物营养与代谢调控	103
第一节 微生物营养与营养类型	103
一、微生物细胞的化学组成	103
二、微生物生长繁殖的营养要素及其生理作用	104
三、微生物的营养类型	108
四、微生物培养基	110
第二节 营养物质进入细胞的方式及机制	113
一、简单扩散	114
二、促进扩散	114
三、主动运输	114
四、基团转移	115
五、胞饮作用	116
第三节 微生物的能量代谢	116
一、底物水平磷酸化	117
二、氧化磷酸化	117
三、光合磷酸化	119

第四节 微生物的分解代谢	120
一、发酵作用	121
二、呼吸作用	127
三、蛋白质和氨基酸的分解	128
四、脂肪和脂肪酸的分解	129
第五节 微生物的代谢调节	129
一、酶活性调节	129
二、分支合成途径调节	130
思考题	132
第五章 微生物遗传与基因组	133
第一节 微生物遗传变异的分子基础	133
一、遗传物质 DNA (RNA)	133
二、遗传物质脱氧核糖核酸 (DNA) 的分子结构	135
三、DNA 分子的复制	138
第二节 微生物基因组及其结构特征	142
第三节 微生物基因组转移、重组与杂交育种	144
一、微生物的变异现象	144
二、基因突变	145
三、微生物的基因重组	146
四、突变与育种	152
思考题	156

第二篇 安 全 篇

第六章 微生物生态学原理	158
第一节 生态学基本概念	158
一、生态学与生态系统	158
二、微生物生态学	160
三、种群和群落	160
四、环境梯度和耐受限度	161
第二节 食品作为微生物作用基质及其形成的生态系	162
一、食品生境中微生物的来源与途径	162
二、食品中微生物的消长情况	164
三、食品中微生物的种群关系与群落演替	166
第三节 食品腐败菌群及腐败类型	168

一、罐藏食品的腐败	168
二、果蔬及其制品的腐败变质	169
三、乳及乳制品的腐败变质	171
四、肉及肉制品的腐败变质	173
五、禽蛋的腐败变质	176
思考题	177
第七章 细菌引起的食源性疾病	178
第一节 致病性大肠埃希氏菌及其食物中毒	178
一、生物学特性	178
二、中毒症状及原因	180
三、典型疾病	181
四、大肠杆菌的检测	182
五、大肠杆菌的预防	184
第二节 葡萄球菌及其引起的胃肠炎	184
一、形态结构	185
二、培养与生理生化特性	185
三、抗原构造	186
四、金黄色葡萄球菌引起的胃肠炎及其预防	186
五、金黄色葡萄球菌的检验	187
六、金黄色葡萄球菌肠毒素的快速检验	188
第三节 沙门氏菌及沙门氏菌病	189
一、生物学特性	190
二、沙门氏菌的来源和传播途径	191
三、沙门氏菌食物中毒症状及原因	191
四、沙门氏菌的血清型	192
五、沙门氏菌的检测	193
六、沙门氏菌的控制	196
第四节 志贺氏菌及志贺氏菌病	196
一、志贺氏菌的形态结构	196
二、培养与生理生化特性	196
三、抗原构造	197
四、志贺氏菌引起的疾病及其预防	198
五、志贺氏菌的检验	199
六、志贺氏菌的快速检验	200
第五节 空肠弯曲杆菌及食物中毒	201

一、生物学特性	202
二、来源及分布	202
三、中毒症状及致病机理	203
四、空肠弯曲杆菌的检测	204
五、预防措施	204
第六节 副溶血性弧菌	205
一、生物学特性	205
二、食品中副溶血性弧菌的检验	208
三、预防及急救措施	210
第七节 单核细胞增生李斯特氏菌及其食物中毒	210
一、生物学特性	211
二、流行病学	212
三、致病性	213
四、机体的免疫	216
五、单核细胞增生李斯特氏菌的检测	217
第八节 肉毒梭菌、肉毒梭菌毒素及其食物中毒	218
一、肉毒梭菌及其生物学特性	218
二、肉毒毒素及其性质	219
三、肉毒梭菌及肉毒毒素的检验	222
四、肉毒梭菌毒素中毒	224
第九节 溶血性链球菌及其食物中毒	225
一、生物学特性	226
二、来源及传播途径	227
三、中毒症状和机理	228
四、检测方法	228
五、防止措施	229
第十节 耶尔森氏菌及其引起的小肠结肠炎	230
一、耶尔森氏菌的形态结构	230
二、培养与生理生化特性	230
三、抗原构造	231
四、耶尔森氏菌引起的小肠结肠炎及其预防	231
五、小肠结肠炎耶尔森氏菌的检验	231
六、耶尔森氏菌的快速检验	233
第十一节 椰毒假单胞菌及其食物中毒	233
一、椰毒假单胞菌形态结构	234

二、培养与生理生化特性	234
三、抗原结构	234
四、椰毒假单胞菌食物中毒及其预防	235
五、椰毒假单胞菌的检验	235
六、椰毒假单胞菌的快速检验	237
第十二节 蜡状芽孢杆菌及其食物中毒	237
一、生物学特性	238
二、来源和分布	238
三、中毒症状及机理	239
四、基因检测手段	239
五、预防	240
思考题	240
第八章 真菌引起的毒素中毒症	242
第一节 真菌毒素中毒的特点	242
第二节 产毒菌株及产毒条件	243
一、主要产毒霉菌	243
二、产毒条件	244
第三节 主要霉菌毒素	245
一、黄曲霉毒素	245
二、黄变米毒素	247
三、镰刀菌毒素	248
四、杂色曲霉毒素	249
五、棕曲霉毒素	249
六、展青霉毒素	249
七、青霉酸	249
八、交链孢霉毒素	250
第四节 真菌性食物中毒的预防与控制	250
一、防霉	250
二、去毒	251
思考题	253
第九章 经食物感染的病毒及其危害	254
第一节 食物中发现的病毒及其危害	254
一、肝炎病毒	254
二、Norwalk 病毒	257
三、猪水疱病病毒	257

四、口蹄疫病毒	258
五、禽流感病毒	259
六、轮状病毒	260
七、狂犬病病毒	261
第二节 食物传播病毒性疾病的机制及影响因素	262
一、食品中病毒来源	262
二、食物传播病毒性疾病的机制	262
三、影响食物传播病毒性疾病的因素	263
第三节 疯牛病病毒与 SARS 病毒	264
一、疯牛病	264
二、SARS 病毒	269
思考题	273

第三篇 控制篇

第十章 食品的消毒与灭菌	275
第一节 食品消毒与灭菌的概念	275
第二节 食品的物理消毒与灭菌	275
一、热力灭菌技术	275
二、辐照杀菌技术	277
三、超高静压杀菌技术	284
四、脉冲电场杀菌技术	295
五、过滤除菌法	301
第三节 食品的化学消毒与灭菌	301
一、化学与生物杀菌剂的定义和分类	301
二、化学与生物杀菌剂的杀菌原理	303
三、影响杀菌剂杀菌效果的因素	304
四、常用的杀菌剂及其应用	309
思考题	322
第十一章 食品生物保藏原理与栅栏技术	323
第一节 生物保藏原理与技术	323
一、发酵保藏食品的作用与机理	324
二、乳酸菌的生理功能及其在食品生物保藏中的应用	327
第二节 栅栏理论及应用	331
一、栅栏因子	331

二、栅栏效应与栅栏理论	333
三、栅栏技术设计原理与方法	334
四、栅栏技术在食品保藏中的应用	335
思考题	338
第十二章 微生物模型的建立与食品安全预警技术	339
第一节 微生物的生长与生长模型的建立	339
一、微生物生长预测模型的分类	340
二、微生物生长的预测模型	340
三、环境因素对微生物生长影响的数学模型	341
四、微生物生长模型与食品质量控制	345
第二节 微生物的衰亡与致死模型的建立	348
一、微生物的生长与衰亡	348
二、食品杀菌条件的确定	348
三、微生物致死模型的建立	350
第三节 预测食品微生物学	351
一、预测食品微生物学的发展	351
二、预测食品微生物学的模型与预测	352
三、食品中微生物失活/存活的预测模型	353
四、食品中微生物生长的预测模型	353
第四节 预测食品微生物学与食品质量管理	355
一、预测食品微生物学的作用	355
二、食品质量管理	356
第五节 食品安全预警系统	357
一、食品安全监控数据的收集和积累	357
二、食品安全的风险分析	358
三、食品安全状态评价	361
四、构建食品安全预警快速反应系统	362
思考题	363
参考文献	364

绪论 微生物与食品安全

第一节 微生物世界

一、微生物概述

世界是一个和谐的世界。生命与非生命世界之间进行着物质、能量、信息的传递,各种生命形式之间又相互作用、相互影响。植物吸收二氧化碳放出氧气,动物为人类提供食物,人类站在大自然的尖顶与各种生物相处,那么微生物呢?

微生物是最小的生命形式,在生命世界中,扮演着不可或缺的角色。微生物是将有机世界与无机世界联系起来的重要纽带。

什么是微生物?微生物有哪些特点?食品中有哪些微生物?微生物、食品与我们究竟有怎样的关系?我们怎样正确认识微生物?它们可能会给人类带来哪些潜在的危害?怎样趋利避害,使其为人类做出有益的贡献?这些问题将在本课程的学习过程中,给大家一个抛砖引玉的回答,更加需要的是在本课程基础上继续探索,让小小的微生物造福人类。

微生物(microorganism)是指一切肉眼看不见或看不清的微小生物的总称,需借助显微镜(图1)才能观察到。它是一大群种类各异、独立生活的生物体。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(类病毒、拟病毒、朊病毒),原核细胞结构的真细菌,古细菌和有真核细胞结构的真菌(酵母、霉菌、蕈菌等)。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,大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可能看到,必须借助电子显微镜(简称电镜)才能观察。有的微生物,尤其是真菌,如大型食用真菌,则显然属于微生物中的“大个子”。微生物的数量之多,达天文数字,种类繁多,形态各异,仅真菌就达7万多种。

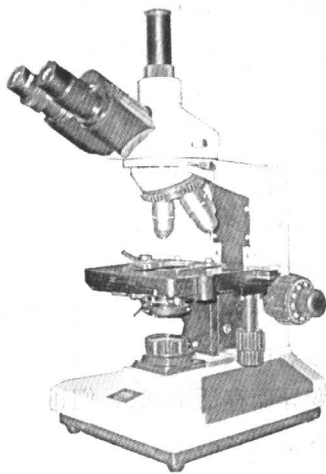


图1 光学显微镜

二、微生物的特点

微生物和动植物一样具有生命体的基本特征——新陈代谢,但其还有自身的特点:

(1) 个体小,繁殖快 前面提到微生物很小,肉眼不能观察,需借助显微镜甚至电子

显微镜才能观察。衡量其大小的单位为微米(μm)、纳米(nm),每个细菌的质量仅有 $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-9} \text{mg}$,即大约 10 亿个菌总和才有 1mg。繁殖快是微生物的另一重要特点。因为单个细胞其生命周期是有限的,不会保持很长时间,很快就会发展成为一个种群。以细菌为例,通常每 20~30min 即可分裂 1 次,繁殖 1 代,其数目比原来增加 1 倍,按 20min 分裂 1 次,而且每个克隆子细胞都具有同样的繁殖能力,那么 1h 后就是 2^3 个,2h 后就是 2^6 个,24h 后,就是 2^{72} 个,即由一个原始亲本变成了 2^{72} 个细菌。按每 10^9 个细菌重 1mg 计, 2^{72} 个菌的质量超过 4722t。当然这是理论数字,由于各种原因,客观上是不存在的,只在细菌的生长对数期才有如此的增殖速度,细菌如此惊人的生长速度可以被很好的利用,例如,生产酵母蛋白,控制条件下可在 8~12h 收获 1 次;也可利用酵母生产酒精,例如,用 1kg 酵母菌可在 24h 内发酵消耗几千克糖,生成酒精;又如用乳酸菌生产乳酸,每个细胞生产的乳酸是其体重的 $10^3 \sim 10^4$ 倍。

(2) 种类多,分布广 从太空到大洋深处,从冰雪覆盖的南极到酷热难耐的撒哈拉沙漠,从火山口到地下石油层,到处都有微生物的身影。据统计,现已发现的微生物种类多达 10 万种以上,土壤是其大本营。1g 肥土含几十亿个微生物,在一些营养贫瘠的地方,微生物的种类和数量很少,构成了自然界中微生物物种的多样性和不均衡性。

微生物的分布极其广泛,可以这样说,有动植物生存的地方也都有它的栖息地,没有动植物生存的地方,也有它的踪迹:万米以上的高空,几千米以下的海底,90℃ 以上的温泉,冰冷的南极,沙漠以及动植物组织内都有微生物的身影。

(3) 适应强,变异快 微生物对外界环境适应能力很强,有些微生物其体外附着一个保护层(如荚膜等),一方面可作为营养物质来源,另一方面可抵御吞噬细胞对它的吞噬。细菌的休眠体芽孢、放线菌的分生孢子和真菌孢子都有比其繁殖体大得多的对外界抵抗力,这些芽孢和孢子一般都能存活数月、数年甚至数十年。而一些极端微生物拥有一些特殊结构蛋白质、酶和其它物质,使其能适应于恶劣环境,从而使物种延续。

另一方面,又由于微生物表面积和体积的比值大,与外界环境的接触面大,因而受环境影响也大,一旦环境变化,不适于微生物生长时,很多微生物则死亡,但仍有少数个体发生变异而存活下来,人们正是利用这个特点,根据需要对菌种实施人工诱变,再进行筛选,最终得到目的菌。

总之,微生物的这些特点,使其在生物界中占据特殊的位置,它不仅广泛应用于生产实践,而且是生物科学研究的理想材料,推动和加速生命科学研究的发展。

三、微生物学及其学科地位

微生物学是研究各种微生物(细菌、放线菌、真菌、病毒、立克次氏体、支原体、衣原体、原生动物和藻类)的形态、生理、生化、分类以及生态的生物学的分支学科。

按应用范围分,微生物学可以分为普通微生物学、农业微生物学、工业微生物学、医学