

# 声 明

本电子书由中国农业出版社数字出版，相关权利归中国农业出版社拥有。读者、著作权人和（或）依法可以行使著作权的权利人如有疑问，请与中国农业出版社联系：

地址：北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编：100026

电话：010-64194921 010-65005894

E-mail:lishanzhao@sina.com

中国农业出版社

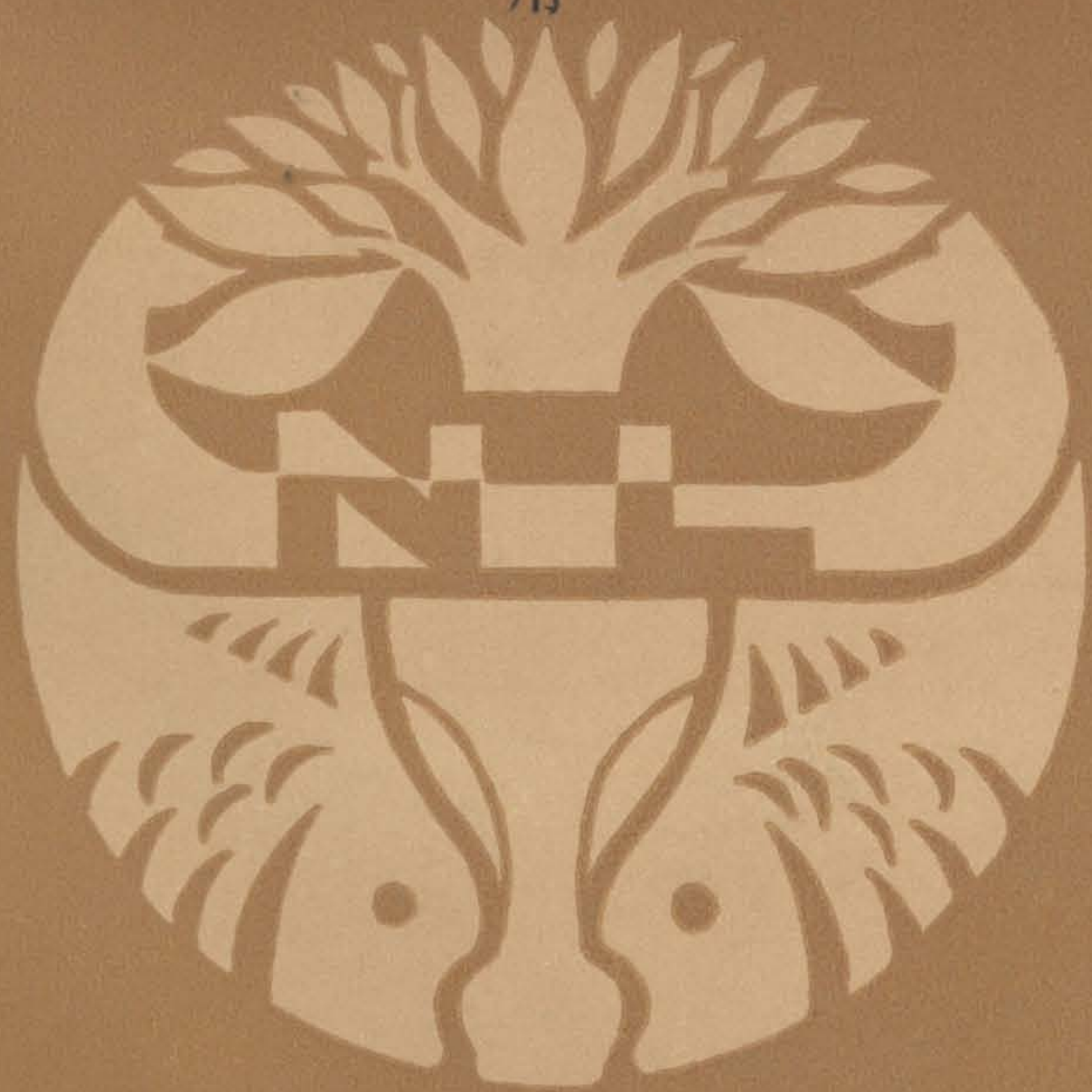
# 食品微生物学

——全国高等农林专科统编教材

● 吴金鹏 主编

● 农(林)产品加工与贮运专业用

● 农业出版社



全国高等农林专科统编教材

# 食品微生物学

吴金鹏 主编

农（林）产品加工与贮运专业用

农业出版社

主编：吴金鹏（浙江农业大学）  
编者：何庆邦（西南农业大学）  
        吴文礼（福建农学院）  
        康德灿（四川绵阳农业专科学校）  
        何国庆（浙江农业大学）  
审稿：樊庆笙（主审，南京农业大学）  
        钱泽澍（浙江农业大学）

## 出版说明

高等农林专科教育是高等农林教育体系中一个相对独立、不可缺少的层次。

我国高等农林专科教育，自进入80年代以来，有了长足发展，在校人数迅速增加，为适应发展的需要，改变教学多年来一直借用本科教材的局面，建设具有农林专科教育特色的教材体系，经国家教委批准，于1986年7月成立全国高等农林专科基础课程教材委员会，并在全国高等农林专科教育研究协作组制定的农林专科生培养基本要求和部分专业教学计划以及课程教学基本要求的基础上，首批组织统编了49万教材。

本批教材力求体现农林专科生培养基本要求，突出应用性，加强实践性，强调针对性，注意灵活性；遵循教学规律，具有科学性、系统性，由浅入深，循序渐进，理论联系实际；既具有广泛的适应性，又具有先进性和时代特征。

这批教材在适用农林专科教育的修业年限上，兼顾了二、三年制的需要，同时可供电大、函授等专科教育和中等专业学校教师，以及有关科技人员参考。

这批教材的编审出版是在国家教委高教司直接领导下进行的，并得到农业出版社、高等教育出版社、中国林业出版社、四川科学技术出版社、广西科学技术出版社的通力合作与大力支持，在此深致谢意。

本教材的编审出版，不仅是为了解决部分课程教学所用教材的有无问题，而更重要的是在新的历史条件下，为建设具有高等农林专科教育特色的教材体系探索路子，试图提供一些有益的尝试，故缺点错误在所难免，恳望各校在使用过程中提出宝贵意见，以便再版时作进一步修改。

全国高等农林专科基础课程教材委员会

1990年

## 前 言

《食品微生物学》是农林院校农产品加工和贮运专业的一门主干课程，它与农（林）产品的加工、贮运保鲜以及食品卫生等方面都有密切的关系。我国随着国民经济的发展，农林院校普遍设立农（林）产品加工和贮运专业，食品微生物学的教学和研究日益受到重视。

本书主要包括三大部分，即：基础微生物学和微生物在食品环境中的生长，发酵技术和食品卫生微生物学检验。编写中，不仅注意有关基础理论的阐明，更注意理论联系实际，学以致用。选材力求新颖，对新理论、新技术、新发展也适当加以介绍。同时，考虑我国地域广阔，自然条件各异，所以内容方面涉及面较宽，各校在讲授时可根据具体条件和要求适当选择和增删。

本书供高等农（林）业专科学校农（林）产品加工和贮运专业食品微生物学课程教学之用，也可供其他专业、有关研究人员和工厂技术人员参考。

吴金鹏编写绪言、第四、五、六、七、十、十二、十三和十五章；何庆邦编写第一章；吴文礼编写第三章；康德灿编写第二和十六章；何国庆编写第八、十四和十七章；第十一章味精生产特请郑晓冬同志编写。

由于我们水平有限，编写的教材难免有缺点和错误，衷心期望读者批评指正。

编 者

1990年9月

# 目 录

绪言	1
第一节 食品微生物学研究的对象	1
一、什么是微生物	1
二、微生物的一般特性	1
三、食品微生物学研究的对象与内容	2
第二节 微生物学的发展	2
一、微生物发现以前的感性认识阶段和我国古代劳动人民在利用微生物方面的成就	3
二、微生物学的形态学发展阶段	3
三、微生物学的生理学发展阶段	4
四、微生物学的分子生物学发展阶段	4
第三节 我国食品工业和食品微生物学的发展	5
第四节 学习本课程的目的要求	5

## 第一篇 食品微生物学

第一章 微生物的形态和分类	7
第一节 概论	7
一、原核生物细胞与真核生物细胞	7
二、微生物的分类	8
第二节 细菌	10
一、细菌的菌体形态	10
二、细菌菌体的大小	12
三、细菌的细胞结构	12
四、细菌的繁殖和菌落的形成	23
五、细菌的分类	24
六、食品中常见的细菌	27
第三节 放线菌	30
一、放线菌的形态	30
二、放线菌的繁殖	31
三、常见的放线菌类群	32
第四节 霉菌	33
一、霉菌的形态和结构	33
二、霉菌的繁殖	35
三、霉菌的分类	37

四、食品中常见的霉菌 .....	38
<b>第五节 酵母菌</b> .....	42
一、酵母菌的形态和结构 .....	42
二、酵母菌的繁殖 .....	43
三、酵母菌的分类 .....	45
四、食品中常见的酵母菌 .....	45
<b>第六节 病毒</b> .....	46
一、病毒的特点 .....	46
二、病毒的形态 .....	47
三、病毒的结构与化学组成 .....	48
四、噬菌体 .....	50
五、病毒的应用 .....	53
复习题 .....	54
<b>第二章 微生物的营养与代谢</b> .....	56
<b>第一节 微生物的营养</b> .....	56
一、微生物细胞的化学组成和营养 .....	56
二、微生物对营养物质的吸收 .....	59
三、微生物的营养类型 .....	62
四、培养基 .....	64
<b>第二节 微生物的酶</b> .....	65
一、酶的性质和结构 .....	66
二、微生物产生的酶类 .....	66
三、影响酶促反应速度的因素 .....	68
<b>第三节 微生物的代谢</b> .....	69
一、微生物的产能代谢和呼吸作用 .....	69
二、微生物的合成代谢 .....	73
三、微生物的分解代谢 .....	74
复习题 .....	75
<b>第三章 微生物在食品环境中的生长</b> .....	77
<b>第一节 微生物的生长</b> .....	77
一、微生物的生长与繁殖 .....	77
二、微生物的生长曲线 .....	77
三、连续培养与同步培养 .....	79
四、影响微生物生长的环境因素 .....	80
<b>第二节 食品的营养组成与微生物的生长</b> .....	81
一、食品原料的营养成分 .....	81
二、微生物分解营养物质的选择性 .....	82
<b>第三节 微生物的生长与温度</b> .....	84
一、食品中微生物生长活动的温度类群 .....	84
二、微生物生长速度与温度的关系 .....	85
三、高温对微生物的影响 .....	85

四、低温对微生物的影响 .....	88
五、冷休克（冷冲击） .....	90
<b>第四节 微生物的生长与水分</b> .....	<b>90</b>
一、水活性（ $A_w$ ）值 .....	91
二、不同类群微生物的生长和水活性 .....	92
三、基质水活性和渗透压水活性 .....	94
四、食品的渗透压与微生物 .....	94
五、食品的水活性 .....	95
<b>第五节 微生物的生长与气体</b> .....	<b>97</b>
一、氧对微生物生长的影响 .....	97
二、氧化还原电位（ $E_h$ ）对微生物生长的影响 .....	98
三、其它气体对微生物生长的影响 .....	99
<b>第六节 微生物的生长与 pH 值</b> .....	<b>100</b>
一、氢离子浓度（pH值）对微生物生命活动的影响 .....	100
二、微生物生长繁殖的pH值 .....	100
三、食品的pH值与微生物生长的适应性 .....	101
四、微生物在食品基质上生长引起pH值的改变 .....	102
五、酸和碱对微生物的作用 .....	103
<b>第七节 食品环境中微生物的抑制、杀灭与防止</b> .....	<b>104</b>
一、灭菌、消毒和防腐的概念 .....	104
二、加热灭菌与加热消毒的方法 .....	104
三、干燥对微生物的作用 .....	105
四、辐射对食品环境中微生物的杀菌作用 .....	106
五、超声波对食品环境中微生物的致死作用 .....	107
六、微波对食品环境中微生物的杀灭作用 .....	108
七、常用的化学杀菌剂和消毒剂 .....	108
八、食品环境中微生物的过滤除菌法 .....	111
<b>复习题</b> .....	<b>111</b>
<b>第四章 微生物的遗传和育种</b> .....	<b>114</b>
<b>第一节 微生物的遗传性和变异性</b> .....	<b>114</b>
<b>第二节 遗传变异的物质基础</b> .....	<b>115</b>
一、人们对遗传物质的认识过程 .....	115
二、遗传物质 .....	116
三、DNA的分子结构和复制 .....	116
四、遗传物质的存在形式 .....	118
五、遗传信息的传递 .....	118
六、遗传密码 .....	119
<b>第三节 突变和诱变育种</b> .....	<b>120</b>
一、突变 .....	120
二、微生物诱变育种的基本方法 .....	120
三、物理诱变 .....	123

四、化学诱变.....	126
五、各种化学诱变因素常用的浓度和处理时间.....	130
<b>第四节 原生质体融合技术.....</b>	<b>130</b>
一、选择具有遗传标记的亲株.....	131
二、原生质体制备.....	131
三、原生质体融合.....	132
四、再生.....	132
五、重组子的检出.....	132
六、原生质体频率、原生质体再生频率和融合率的计算.....	133
<b>第五节 基因工程.....</b>	<b>133</b>
一、载体和限制性内切酶.....	133
二、基因工程的基本方法.....	135
<b>第六节 生产菌种的保存.....</b>	<b>136</b>
一、生产菌种的保存.....	136
二、菌种的复壮.....	139
三、菌种保藏机构.....	139
<b>复习题.....</b>	<b>139</b>

## 第二篇 微生物在食品工业中的应用

<b>第五章 微生物发酵的类型、工艺和设备.....</b>	<b>141</b>
<b>第一节 微生物发酵概况.....</b>	<b>141</b>
一、微生物发酵和生物工程学.....	141
二、微生物发酵工程的特点.....	141
三、微生物发酵的发展.....	142
四、微生物在工业上的应用.....	144
<b>第二节 微生物发酵的类型.....</b>	<b>146</b>
<b>第三节 微生物发酵的工艺流程.....</b>	<b>147</b>
一、微生物发酵的工艺流程.....	147
二、原料的选择及前处理.....	149
<b>第四节 微生物发酵的条件及其控制.....</b>	<b>149</b>
一、温度.....	150
二、通气与搅拌.....	150
三、pH值.....	151
<b>第五节 主要发酵设备.....</b>	<b>151</b>
一、发酵设备.....	151
二、发酵生产的其他设备.....	154
<b>第六节 微生物发酵过程中杂菌的污染及其防止方法.....</b>	<b>157</b>
一、种子带杂菌.....	158
二、罐、管道和原料灭菌不彻底.....	158

三、操作不慎造成污染 .....	158
四、机械设备方面不合理造成杂菌污染 .....	158
五、空气过滤器失灵造成污染 .....	158
复习题 .....	159
<b>第六章 微生物的代谢与调节 .....</b>	<b>160</b>
<b>第一节 微生物的代谢 .....</b>	<b>160</b>
一、初级代谢与次级代谢 .....	160
二、代谢的调节 .....	160
<b>第二节 与代谢调节有关的酶 .....</b>	<b>161</b>
一、同工酶 .....	161
二、变构酶 .....	162
三、多功能酶 .....	163
<b>第三节 反馈调节 .....</b>	<b>163</b>
一、单线代谢中末端产物的抑制作用 .....	163
二、分枝代谢途径中末端产物的抑制作用 .....	163
<b>第四节 代谢调节控制在工业发酵中的应用 .....</b>	<b>166</b>
复习题 .....	167
<b>第七章 酒精和白酒的制造 .....</b>	<b>168</b>
<b>第一节 酒精的生产 .....</b>	<b>168</b>
一、酒精工业的发展概况 .....	168
二、乙醇的理化性质 .....	168
三、酒精发酵的原理 .....	169
四、酒精发酵的微生物 .....	175
五、酒精发酵的工艺 .....	175
<b>第二节 白酒生产 .....</b>	<b>176</b>
一、酒精饮料的种类 .....	176
二、白酒生产 .....	177
复习题 .....	184
<b>第八章 啤酒生产 .....</b>	<b>186</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>186</b>
一、啤酒和啤酒的起源 .....	186
二、啤酒的成分和质量标准 .....	186
三、啤酒的种类 .....	188
<b>第二节 酿造啤酒的原料 .....</b>	<b>189</b>
一、大麦 .....	189
二、辅助原料 .....	189
三、酒花 .....	190
四、水 .....	190
五、酵母 .....	191
<b>第三节 麦芽制造 .....</b>	<b>191</b>

一、制麦的工艺流程 .....	191
二、浸麦 .....	191
三、发芽 .....	192
四、绿麦芽干燥和除根 .....	193
五、麦芽的质量标准 .....	193
<b>第四节 麦芽汁制备 .....</b>	<b>193</b>
一、原料粉碎 .....	193
二、糖化 .....	193
三、麦汁处理 .....	194
<b>第五节 啤酒发酵 .....</b>	<b>195</b>
一、啤酒酵母的扩大培养 .....	195
二、主发酵 .....	195
三、后发酵 .....	196
四、露天大罐发酵 .....	196
<b>第六节 过滤与包装 .....</b>	<b>197</b>
一、过滤 .....	197
二、包装与灭菌 .....	197
<b>第七节 啤酒生产新技术 .....</b>	<b>198</b>
一、连续发芽制麦 .....	198
二、糖化新工艺 .....	198
三、啤酒发酵新技术 .....	199
复习题 .....	200
<b>第九章 果酒酿造 .....</b>	<b>201</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>201</b>
一、果酒酿造的历史 .....	201
二、果酒的种类 .....	201
<b>第二节 果酒的原料 .....</b>	<b>202</b>
一、主要原料 .....	202
二、辅助原料 .....	203
<b>第三节 果酒的酿造工艺 .....</b>	<b>204</b>
一、果酒生产的工艺流程 .....	204
二、水果的处理 .....	204
三、果酒的发酵 .....	205
四、果酒的陈酿(贮存) .....	207
五、果酒的调配与包装 .....	207
<b>第四节 葡萄酒酿造 .....</b>	<b>207</b>
一、葡萄酒的分类 .....	208
二、酿酒用葡萄的主要品种 .....	208
三、葡萄酒酵母 .....	208
四、葡萄酒的酿造工艺 .....	209

第五节 梨酒酿造 .....	210
复习题 .....	211
<b>第十章 黄酒酿造</b> .....	<b>212</b>
第一节 黄酒的种类 .....	212
一、江南黄酒 .....	212
二、山东黄酒 .....	212
三、福建黄酒 .....	213
第二节 黄酒的原料和糖化发酵剂 .....	213
一、米 .....	213
二、酿造用水 .....	213
三、曲和酒药 .....	214
四、酒母 .....	216
第三节 黄酒酿造的工艺流程 .....	217
一、黄酒酿造的工艺流程 .....	217
二、绍兴酒的酿造 .....	217
三、即墨黄酒的酿造 .....	219
第四节 黄酒的质量标准 .....	219
复习题 .....	220
<b>第十一章 味精生产</b> .....	<b>221</b>
第一节 原料 .....	221
一、原料的种类 .....	221
二、原料的处理 .....	221
第二节 谷氨酸发酵 .....	223
一、谷氨酸的生物合成途径 .....	223
二、谷氨酸产生菌 .....	224
三、谷氨酸发酵工艺 .....	225
第三节 谷氨酸的提取及味精制作 .....	228
一、谷氨酸的提取 .....	228
二、味精制作 .....	229
第四节 其他氨基酸发酵 .....	229
一、赖氨酸发酵 .....	229
二、苏氨酸发酵 .....	230
三、缬氨酸发酵 .....	231
复习题 .....	231
<b>第十二章 有机酸发酵</b> .....	<b>232</b>
第一节 乳酸发酵 .....	233
一、乳酸发酵的类型 .....	233
二、乳酸发酵 .....	234
三、乳酸的用途 .....	234
四、酸乳的制造 .....	234

<b>第二节 柠檬酸发酵</b> .....	<b>235</b>
一、概述 .....	235
二、柠檬酸产生菌 .....	235
三、柠檬酸发酵机制 .....	236
四、柠檬酸发酵的原料 .....	237
五、柠檬酸发酵生产工艺 .....	238
六、柠檬酸的提取 .....	240
<b>第三节 其他有机酸发酵</b> .....	<b>240</b>
一、富马酸发酵 .....	240
二、丁酸发酵 .....	240
三、衣康酸发酵 .....	241
四、葡萄糖酸发酵 .....	241
<b>复习题</b> .....	<b>242</b>
<b>第十三章 微生物菌体的利用</b> .....	<b>244</b>
<b>第一节 面包酵母</b> .....	<b>244</b>
一、原料 .....	244
二、面包酵母的培养 .....	245
三、酵母的分离 .....	246
四、面包的制作 .....	246
<b>第二节 单细胞蛋白 (SCP) 的生产</b> .....	<b>247</b>
一、单细胞蛋白生产的意义 .....	247
二、生产单细胞蛋白的原料 .....	248
三、生产单细胞蛋白的微生物 .....	250
四、单细胞蛋白的生产工艺 .....	250
<b>复习题</b> .....	<b>250</b>
<b>第十四章 酿造食品</b> .....	<b>251</b>
<b>第一节 酱油生产</b> .....	<b>251</b>
一、酱油酿造的原料 .....	251
二、菌种与制曲 .....	251
三、发酵 .....	252
四、浸出提油 .....	252
五、成品配制 .....	253
<b>第二节 酱类生产</b> .....	<b>253</b>
一、大豆酱酿造 .....	253
二、蚕豆酱酿造 .....	254
三、一般面酱酿造 .....	254
<b>第三节 食醋生产</b> .....	<b>255</b>
一、酿醋原料 .....	255
二、酿醋用微生物 .....	255
三、固态酿醋 .....	255
四、酶法液化通风回流制醋 .....	256

五、液体深层发酵制醋 .....	257
第四节 豆腐乳生产 .....	257
一、生产原料 .....	257
二、豆腐乳发酵 .....	258
复习题 .....	259
<b>第十五章 食品工业废弃物的生物学处理方法</b> .....	260
第一节 食品工业中的废弃物 .....	260
第二节 食品工业废水的处理方法 .....	260
一、好氧处理法 .....	261
二、兼性厌氧处理法 .....	261
三、厌氧处理法 .....	262
第三节 食品工业废渣的处理方法 .....	267
复习题 .....	268

### 第三篇 食品卫生与微生物

<b>第十六章 食品的微生物污染及腐败变质</b> .....	269
第一节 污染食品的微生物来源及其途径 .....	269
一、污染源 .....	269
二、微生物污染食品的途径 .....	272
三、食品中微生物的消长 .....	273
第二节 食品的细菌污染 .....	274
一、常见的食品细菌 .....	274
二、食品中的细菌数量及其食品卫生意义 .....	276
三、大肠菌群及其食品卫生学意义 .....	277
第三节 食品的腐败变质 .....	277
一、微生物引起食品变质的基本因素 .....	278
二、食品腐败变质的化学过程 .....	281
三、食品腐败变质的鉴定 .....	283
四、腐败变质食品的生卫生学意义及处理原则 .....	284
第四节 食品被细菌污染后对人体的危害 .....	285
一、细菌性食物中毒 .....	285
二、消化道传染病 .....	291
第五节 霉菌及其毒素污染食品后造成的危害 .....	293
一、霉菌产毒的特点 .....	293
二、主要产毒霉菌 .....	294
三、主要霉菌毒素 .....	294
四、防毒方法与去毒措施 .....	297
五、霉菌和霉菌毒素的食品卫生学意义 .....	298
第六节 食品微生物污染与腐败变质的控制 .....	299

一、加强食品企业的卫生管理 .....	299
二、食品防腐保藏 .....	300
复习题 .....	302
<b>第十七章 食品卫生微生物学检验 .....</b>	<b>304</b>
<b>第一节 食品卫生微生物学检验总则 .....</b>	<b>304</b>
一、样品采集 .....	304
二、送检 .....	304
三、样品保存 .....	304
<b>第二节 显微镜检验 .....</b>	<b>304</b>
一、不染色标本检查 .....	304
二、染色标本检查 .....	305
<b>第三节 培养检查 .....</b>	<b>305</b>
一、培养基的种类 .....	305
二、微生物接种与培养 .....	306
三、培养结果观察 .....	306
<b>第四节 生化试验 .....</b>	<b>307</b>
一、糖类代谢试验 .....	307
二、蛋白质及氨基酸代谢试验 .....	309
三、呼吸酶类试验 .....	311
四、有机酸盐及铵盐利用试验 .....	312
五、毒性酶类试验 .....	312
六、其他生化试验 .....	313
<b>第五节 血清学检验 .....</b>	<b>313</b>
一、抗原 .....	313
二、抗体 .....	314
三、抗体抗原反应(血清学反应) .....	315
四、血清学反应的应用 .....	317
<b>第六节 动物试验 .....</b>	<b>321</b>
复习题 .....	322
<b>附录一 食品微生物学实验 .....</b>	<b>323</b>
实验一 显微镜的使用和活菌观察 .....	323
实验二 细菌的染色及形态观察 .....	327
实验三 微生物细胞大小的测定与计数 .....	329
实验四 酵母菌和霉菌的形态观察 .....	332
实验五 培养基的制备和灭菌 .....	333
实验六 微生物的接种、分离和培养 .....	335
实验七 柠檬酸生产菌的筛选 .....	339
实验八 啤酒酵母细胞的固定化技术 .....	340

---

实验九 微生物原生质体融合 .....	341
实验十 甜酒酿的制做 .....	343
实验十一 菌落总数测定 .....	344
实验十二 食品中霉菌和酵母数的测定 .....	346
实验十三 大肠菌群的测定 .....	349
实验十四 沙门氏菌属检验 .....	352
实验十五 志贺氏菌检验 .....	358
实验十六 病原性大肠艾希氏菌检验 .....	361
实验十七 副溶血性弧菌检验 .....	365
实验十八 金黄色葡萄球菌检验 .....	367
实验十九 溶血性链球菌检验 .....	368
实验二十 肉毒梭菌及肉毒毒素检验 .....	370
附录二 几种染色液的配制方法 .....	373
附录三 常用的培养基及试剂 .....	375
主要参考资料 .....	391