



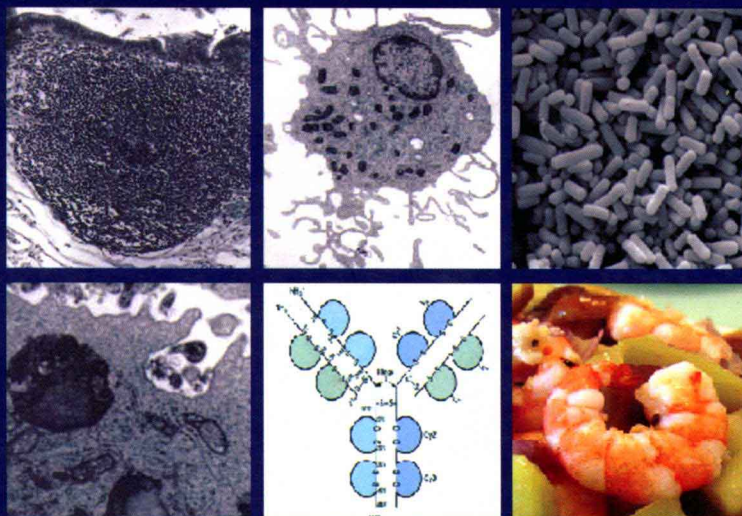
普通高等教育“十一·五”精品课程建设教材

FOOD IMMUNOLOGY
FOOD IMMUNOLOGY
FOOD IMMUNOLOGY

食品免疫学

牛天贵 贺稚非 ◎主编

顾瑞金 白纯政 ◎主审



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

普通高等教育“十一五”精品课程建设教材

食品免疫学

牛天贵 贺稚非 主编
顾瑞金 白纯政 主审

中国农业大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

现代食品免疫学/牛天贵,贺稚非主编. —北京:中国农业大学出版社,2010.6
ISBN 978-7-5655-0005-3

I. ①现… II. ①牛…②贺… III. ①食品卫生学:免疫学 IV. ①R15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 087838 号

书 名 食品免疫学

作 者 牛天贵 贺稚非 主编

策划编辑 宋俊果 刘 军

封面设计 郑 川

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

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 25.75 印张 639 千字

印 数 1~3 000

定 价 38.00 元

责任编辑 田树君

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

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)

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	教授	副秘书长
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
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

编审人员

- 主 编** 牛天贵(中国农业大学)
贺稚非(西南大学)
- 副主编** 易有金(湖南农业大学)
郭 军(内蒙古农业大学)
霍乃蕊(山西农业大学)
蒋东华(沈阳农业大学)
- 参 编** 雷红涛(华南农业大学)
索化夷(西南大学)
梁志宏(中国农业大学)
杨振泉(扬州大学)
于春娣(青岛农业大学)
李宗军(湖南农业大学)
- 主 审** 顾瑞金 中国医学科学院 北京协和医院
白纯政 中国医学科学院 北京协和医院

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,也是社会和经济发展的反映。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

于马连洼

序

免疫指机体免疫系统识别自身与异己物质,并通过免疫应答排除抗原性异物,以维持机体生理平衡的功能。

免疫学是研究机体免疫系统组成、结构和功能的一门独立的前沿学科。现代免疫学逐步发展成为既有自身的理论体系,又有特殊研究方法的独立学科。它为生物学的研究提供了一些新的手段。但是,随着科学技术的发展,它本身又派生出许多独立的分支学科,例如,与现代生物学有密切关系的分子免疫学、免疫生物学和免疫遗传学,与医学有密切关系的免疫血液学、免疫药理学、免疫病理学、生殖免疫学、移植免疫学、肿瘤免疫学、抗感染免疫学、临床免疫学等。

食品免疫学是免疫学的应用学科,研究内容首先是食品(食物)与免疫系统(特别是胃肠道黏膜免疫系统)的关系;其次是食品的生物活性(营养与免疫功能);第三是食源性疾病(包括食物引起的变态反应)及其预防;最后是免疫检测技术在食品营养、卫生与安全中的应用。

科学发展是观念和理论不断发展的过程,基于逻辑的自主发展所具有的内在动力和社会需求所产生的外部动力。免疫学发展经历了抗微生物感染、“自身-非己”的细胞和分子层次的识别、细胞和分子网络的应答和调节、特异性和相对特异性的免疫识别原理与应用的研究过程。近年来,在食品安全问题日益突出和保健意识不断提高的基础上,食品免疫学得到了广泛的重视和迅速发展。

本书内容涉及免疫学理论和技术的发展、食品免疫学的生物学基础、食品的营养和免疫功能、食源性疾病和变态反应、免疫学技术及其在食品检测中的应用。在介绍食品免疫学基本知识、理论和技术的同时,还适当地介绍了食品免疫学的最新进展。可作为高等院校或相关部门的食品免疫学教材,也可供从事食品科学和技术研究的相关人员阅读参考使用。

中国医学科学院 北京协和医院 顾瑞金 教授
2010年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 免疫学发展简史	2
1.1.1 经验免疫学时期	2
1.1.2 经典免疫学时期	2
1.1.3 近代免疫学时期	2
1.1.4 现代免疫学时期	3
1.2 免疫学理论与技术	4
1.2.1 免疫学基本概念	4
1.2.2 免疫系统的组成	5
1.2.3 免疫系统的功能	6
1.2.4 免疫应答的特点	6
1.2.5 免疫学基本理论	6
1.2.6 免疫学基本技术	9
1.3 食品免疫学	10
1.3.1 基础免疫学	10
1.3.2 营养与健康	10
1.3.3 疾病与保健	11
1.3.4 免疫学检测	12
1.4 食品免疫学知识的基本结构	12
本章小结	13
思考题	13
第 2 章 抗原	14
2.1 抗原的概念	15
2.1.1 抗原特性	15
2.1.2 影响因素	15
2.2 抗原决定簇	17
2.3 抗原的种类	17
2.3.1 完全抗原	17
2.3.2 半抗原	17
2.3.3 胸腺依赖性抗原和非胸腺依赖性抗原	18
2.3.4 异种抗原、同种抗原和自身抗原	18
2.3.5 天然抗原与人工合成抗原	18

2.3.6	细菌抗原	18
2.3.7	共同抗原与交叉抗原	21
2.3.8	DNA 抗原	22
2.4	B 细胞识别抗原的特点	22
2.4.1	抗原的特点	22
2.4.2	抗原与抗体的结合特点	23
2.4.3	抗体的特异性及亲和力	23
2.5	T 细胞识别抗原的特点	24
2.5.1	T 细胞与 B 细胞抗原识别差异	24
2.5.2	抗原的递呈	24
2.5.3	MHC 分子与肽复合物的组装	24
2.5.4	交换递呈抗原	27
2.5.5	参与 T 细胞活化的共刺激因子	28
2.5.6	T 细胞识别抗原/MHC 后的活化	29
2.6	超抗原	30
	本章小结	31
	思考题	31
第 3 章	免疫器官和免疫细胞	32
3.1	免疫器官	33
3.1.1	中枢免疫器官	33
3.1.2	外周免疫器官	35
3.2	免疫细胞	37
3.2.1	造血干细胞系	37
3.2.2	淋巴细胞系	40
3.2.3	单核吞噬细胞系统	41
3.2.4	淋巴细胞再循环	46
	本章小结	46
	思考题	47
第 4 章	抗体	48
4.1	抗体概述	49
4.1.1	抗体、免疫球蛋白和 γ 球蛋白	49
4.1.2	抗体在体内的存在形式	50
4.1.3	理化性质	50
4.1.4	克隆选择学说	50
4.2	抗体结构	51
4.2.1	基本结构	51
4.2.2	功能区	52
4.2.3	水解片段	53
4.2.4	免疫球蛋白的辅助成分	54

4.3	抗体类型与免疫原性	55
4.3.1	免疫球蛋白的类型	55
4.3.2	免疫球蛋白的分类	56
4.3.3	抗体的免疫原性	57
4.4	免疫球蛋白特性与功能	59
4.4.1	IgG	59
4.4.2	IgM	60
4.4.3	IgA	60
4.4.4	IgD	61
4.4.5	IgE	62
4.5	抗体的生物学功能	62
4.5.1	可变区功能	62
4.5.2	恒定区功能	63
4.5.3	选择性传递	64
4.6	人工制备抗体	64
4.6.1	多克隆抗体	65
4.6.2	单克隆抗体	65
4.6.3	基因工程抗体	66
4.6.4	催化活性抗体	67
4.7	抗体多样性的产生	67
4.7.1	Ig 基因库	68
4.7.2	V(D)J 重组	68
4.7.3	抗体多样性的遗传学基础	68
	本章小结	69
	思考题	70
第5章	补体系统	71
5.1	补体系统组成	72
5.1.1	补体的发现及概念	72
5.1.2	补体系统的组成	72
5.1.3	命名	73
5.1.4	补体成分的理化特性	73
5.2	补体活化	74
5.2.1	经典途径	74
5.2.2	替代途径	77
5.2.3	凝集素途径	78
5.2.4	补体 3 条活化途径的比较	78
5.3	补体激活的调节	80
5.3.1	补体活化的调节蛋白	80
5.3.2	细胞膜上的调节蛋白	81

5.4 补体的生物学功能	81
5.4.1 靶细胞溶解	82
5.4.2 调理作用	82
5.4.3 免疫复合物清除	83
5.4.4 病毒中和作用	84
5.4.5 炎症介质作用	84
5.4.6 免疫调节作用	85
本章小结	85
思考题	85
第6章 细胞因子	86
6.1 细胞因子概述	87
6.1.1 细胞因子的分类	87
6.1.2 细胞因子的共性	88
6.1.3 细胞因子表达与功能的调节	91
6.2 细胞因子受体	92
6.2.1 细胞因子受体的结构	92
6.2.2 细胞因子受体介导的信号转导	93
6.3 细胞因子的生物学作用	94
6.3.1 细胞因子的主要生物学效应	94
6.3.2 细胞因子与某些病理过程的关系	95
6.4 细胞因子各论	97
6.4.1 白介素	97
6.4.2 肿瘤坏死因子家族	103
6.4.3 干扰素	104
6.4.4 集落刺激因子	104
6.4.5 趋化因子及其受体	106
6.4.6 转化生长因子- β 家族	109
6.4.7 其他细胞因子	109
本章小结	110
思考题	111
第7章 白细胞分化抗原和黏附分子	112
7.1 分化抗原和黏附分子的结构	113
7.1.1 整合性膜蛋白的分型	113
7.1.2 分化抗原和黏附分子基本结构	114
7.2 白细胞分化抗原及其功能	116
7.2.1 参与抗原摄取与递呈的 CD 分子	116
7.2.2 参与 T 细胞识别、黏附和活化的 CD 分子	116
7.2.3 参与 B 细胞识别、黏附和活化的 CD 分子	121
7.2.4 免疫球蛋白 Fc 段受体	124

7.3 黏附分子的种类、结构和功能	127
7.3.1 黏附分子的种类和结构	128
7.3.2 黏附分子表达的调节	134
7.3.3 黏附分子的生物学作用	135
本章小结	138
思考题	139
第8章 主要组织相容性复合物	140
8.1 H-2 复合物	141
8.1.1 I 类基因	142
8.1.2 II 类基因	142
8.1.3 III 类基因	142
8.2 HLA 复合物	142
8.2.1 HLA 复合物的结构	143
8.2.2 HLA 等位基因及编码产物	144
8.2.3 HLA 复合物的遗传特征	145
8.3 HLA 分子	147
8.3.1 HLA 分子的结构	147
8.3.2 HLA 分子-抗原肽复合物	149
8.3.3 HLA 分子的组织分布	151
8.3.4 HLA 分子表达	151
8.4 HLA 分子的生物功能	152
8.4.1 参与抗原加工与递呈	152
8.4.2 限制免疫细胞相互作用	152
8.4.3 参与免疫应答的遗传控制	153
8.4.4 参与 T 细胞的分化成熟	153
8.4.5 参与免疫调节	153
8.4.6 引起移植排斥	153
8.5 HLA 分型	154
8.5.1 血清学分型法	154
8.5.2 细胞学分型法	154
8.5.3 DNA 分型法	154
8.6 HLA 与疾病	155
8.6.1 HLA 与疾病的相关性	155
8.6.2 HLA 表达异常与疾病的关系	157
本章小结	157
思考题	158
第9章 淋巴细胞	159
9.1 T 淋巴细胞	160
9.1.1 T 细胞的表面标志	160

9.1.2	T 细胞的亚群及其功能	162
9.1.3	T 淋巴细胞在胸腺内的发育	166
9.1.4	T 淋巴细胞在胸腺中的分化	167
9.2	B 淋巴细胞	168
9.2.1	B 淋巴细胞主要表面分子	168
9.2.2	B 细胞的亚群	169
9.2.3	B 淋巴细胞的发育	170
9.3	第三群淋巴细胞	171
9.3.1	自然杀伤细胞	172
9.3.2	活化杀伤细胞	172
9.3.3	肿瘤浸润淋巴细胞	172
	本章小结	173
	思考题	173
第 10 章	抗原递呈细胞	174
10.1	抗原递呈细胞种类	175
10.1.1	抗原递呈细胞及种类	175
10.1.2	抗原递呈细胞的特点	175
10.2	树突状细胞	176
10.2.1	DC 的来源和表面标志	176
10.2.2	DC 的组织分布与分类	177
10.2.3	DC 的分化发育	177
10.2.4	DC 的生物学功能	178
10.3	单核吞噬细胞	180
10.3.1	单核吞噬细胞的表面标志	181
10.3.2	巨噬细胞的激活过程	181
10.3.3	单核吞噬细胞的生物学作用	181
10.4	B 淋巴细胞	182
10.5	兼职抗原递呈细胞	183
10.5.1	内皮细胞	183
10.5.2	成纤维细胞	184
10.5.3	活化的 T 细胞	184
	本章小结	184
	思考题	184
第 11 章	体液免疫应答	185
11.1	B 细胞对抗原的识别	186
11.1.1	B 细胞识别 TI 抗原	186
11.1.2	B 细胞识别 TD 抗原	188
11.2	B 细胞的活化、增殖和分化	188
11.2.1	B 细胞活化	188

11.2.2	B 细胞的增殖和分化	191
11.3	体液免疫应答的一般规律	193
11.3.1	个体发育过程中免疫球蛋白产生的规律	193
11.3.2	初次应答和再次应答的规律	193
11.4	体液免疫应答的效应	196
11.4.1	中和作用	196
11.4.2	调理作用	196
11.4.3	免疫溶解作用	196
11.4.4	抗体依赖细胞介导细胞毒作用	197
11.4.5	分泌型 IgA 的局部抗感染作用	197
11.4.6	免疫损伤作用	197
	本章小结	197
	思考题	197
第 12 章	细胞免疫应答	199
12.1	T 细胞对抗原的识别	200
12.1.1	APC 向 T 细胞递呈抗原	201
12.1.2	TCR 特异性识别递呈肽	201
12.2	T 细胞活化、增殖和分化	202
12.2.1	T 细胞活化	203
12.2.2	T 细胞增殖和分化	206
12.3	效应 T 细胞的作用及其机制	208
12.3.1	CTL 介导的细胞毒效应	208
12.3.2	Th1 细胞介导的细胞免疫效应	210
12.3.3	Th 细胞介导的免疫效应	211
12.3.4	细胞免疫应答的生物学意义	211
	本章小结	211
	思考题	212
第 13 章	免疫应答与免疫调节	213
13.1	抗原的加工递呈及其生理意义	214
13.1.1	抗原加工与递呈	214
13.1.2	抗原加工和递呈途径	215
13.1.3	抗原加工递呈的生理意义	219
13.2	T 细胞对抗原的识别和细胞免疫	220
13.2.1	T 细胞对抗原的识别	220
13.2.2	识别与共刺激分子	221
13.2.3	T 细胞的激活	222
13.2.4	T 细胞介导的免疫应答	225
13.3	B 细胞介导的免疫应答	226
13.3.1	B 细胞对 TI-Ag 的应答	227

13.3.2	B 细胞对 TD-Ag 的应答	227
13.3.3	体液免疫的效应机制	235
13.4	免疫应答的调节	239
13.4.1	分子水平的免疫调节	239
13.4.2	细胞水平的免疫调节	243
13.4.3	独特型网络的免疫调节	244
13.4.4	整体水平的免疫调节	245
13.4.5	群体水平的免疫调节	246
	本章小结	246
	思考题	247
第 14 章	天然免疫	248
14.1	抗细菌免疫	249
14.1.1	宿主对细菌产生的免疫	249
14.1.2	机体抗致病菌的第一道防线	250
14.1.3	机体抗细菌的第二道防线	250
14.1.4	机体的第三道防线	251
14.1.5	吞噬细胞的作用	251
14.1.6	T 细胞介导的免疫	253
14.1.7	对细菌的免疫反应	253
14.2	抗病毒免疫	253
14.2.1	典型的病毒感染	254
14.2.2	抗病毒感染的免疫反应	255
14.2.3	病毒逃避机体免疫的防御方法	256
14.2.4	病毒感染的病理和组织损伤	257
14.3	抗真菌免疫	257
	本章小结	259
	思考题	260
第 15 章	营养与免疫	261
15.1	概述	262
15.2	能量和营养素与免疫	263
15.2.1	能量、蛋白质和氨基酸	263
15.2.2	碳水化合物、低聚糖和多糖与免疫	264
15.2.3	脂肪、脂肪酸与免疫	266
15.2.4	维生素与免疫	268
15.2.5	微量元素与免疫	271
15.3	其他食物活性成分与免疫	274
15.3.1	核苷酸	274
15.3.2	功能性低聚糖和多糖	275
15.3.3	植物化学成分的免疫促进作用	275

15.3.4 益生菌的免疫赋活作用	276
本章小结	276
思考题	277
第 16 章 食源性疾病及免疫预防	278
16.1 食源性细菌感染与免疫预防	279
16.1.1 食源性沙门菌感染与免疫预防	279
16.1.2 致病性大肠杆菌感染与免疫预防	281
16.1.3 金黄色葡萄球菌感染与免疫预防	282
16.1.4 结核分支杆菌感染与免疫预防	283
16.1.5 单核细胞增生李斯特菌感染与免疫预防	285
16.1.6 蜡样芽孢杆菌感染与免疫预防	287
16.2 食源性病毒感染与免疫预防	288
16.2.1 肝炎病毒感染与免疫预防	288
16.2.2 口蹄疫病毒感染与免疫预防	289
16.2.3 禽流感病毒感染与免疫预防	290
16.2.4 轮状病毒感染与免疫预防	291
16.2.5 朊病毒感染与免疫预防	292
本章小结	293
思考题	294
第 17 章 食物与超敏反应	295
17.1 I 型过敏反应	296
17.1.1 主要参与因子及发生机制	297
17.1.2 I 型超敏反应的症状	299
17.2 II 型抗体介导的细胞毒反应	300
17.2.1 主要参与因子及发生机制	300
17.2.2 II 型超敏反应的症状	301
17.3 III 型免疫复合物反应	302
17.3.1 主要参与因子及发生机制	302
17.3.2 III 型超敏反应的症状	303
17.4 IV 型迟发型超敏反应	304
17.4.1 主要参与因子及发生机制	304
17.4.2 IV 型超敏反应的症状	305
17.5 防治原则及超敏反应的比较	305
17.5.1 防治原则	305
17.5.2 超敏反应特征的比较	305
17.5.3 超敏反应与疾病的关系	306
17.6 食物不良反应与食物过敏	306
17.6.1 食物过敏	307
17.6.2 IgE 介导的食物过敏发病机制	307

17.6.3	食物过敏原	307
17.6.4	食物诱发过敏的途径	309
17.6.5	常见食物过敏	309
17.6.6	影响食物过敏的因素	311
17.6.7	食物过敏与食物中毒、药理样副作用和食物不耐受区别	312
17.6.8	辅助检查及诊断	313
17.6.9	食物过敏的防治	313
本章小结		314
思考题		315
第 18 章	免疫技术原理及应用	316
18.1	抗体制备及应用	317
18.1.1	血清抗体	317
18.1.2	单克隆抗体	317
18.1.3	基因工程抗体	319
18.2	免疫技术原理和种类	320
18.2.1	抗原抗体反应的一般规律	321
18.2.2	主要的抗原与抗体反应	322
18.2.3	免疫荧光技术	324
18.2.4	免疫电子显微镜技术	328
18.2.5	免疫印迹技术	329
18.2.6	免疫磁珠技术	329
18.3	免疫预防原理和人工免疫技术	330
18.3.1	人工自动免疫	330
18.3.2	人工被动免疫	331
18.4	免疫耐受机制和人工诱发技术	331
18.4.1	免疫耐受的机制	332
18.4.2	免疫耐受的形成	333
18.4.3	免疫耐受的维持和终止	333
18.4.4	T 细胞的免疫耐受	333
18.4.5	B 细胞的免疫耐受	334
18.4.6	人工诱发的免疫耐受	335
18.5	免疫缺陷及治疗技术	336
18.5.1	原发性免疫缺陷	336
18.5.2	继发性免疫缺陷	337
本章小结		337
思考题		338
第 19 章	免疫技术在食品检测中的应用	340
19.1	食品免疫技术的种类	341
19.2	免疫荧光技术在食品检测中的应用	342