



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

现代食品 检测技术

赵杰文 孙永海 主编

XIANDAI SHIPIN JIANCE JISHU



FOOD
QUALITY & SAFE

全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

现代食品检测技术

赵杰文 孙永海 主 编
岳田利 张 伟 董明盛 韩东海 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代食品检测技术/赵杰文等主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2005. 4

全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

ISBN 7-5019-4780-5

I. 现… II. 赵… III. 食品检验—教材 IV. TS207

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 009171 号

责任编辑: 李亦兵 涂润林 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 王佳芃
版式设计: 丁 夕 马金路 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

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: 北京工大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.75

字 数: 538 千字

书 号: ISBN 7-5019-4780-5/TS·2786

定 价: 43.00 元

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

发行电话: 010-65141375 85119845

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

40709J4X101ZBW

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 | 杨公明教授 |
| 副主任 | 湖南农业大学 | 夏延斌教授 |
| | 哈尔滨商业大学 | 马兴胜教授 |
| | 江苏大学 | 董英教授 |
| | 东北农业大学 | 刘宁教授 |
| | 河北科技大学 | 陈辉教授 |
| | 杭州商学院 | 邓少平教授 |
| 委员 | 北京农学院 | 艾启俊教授 |
| | 西南农业大学 | 陈宗道教授 |
| | 南京农业大学 | 董明盛教授 |
| | 云南农业大学 | 葛长荣教授 |
| | 中国农业大学 | 何计国副教授 |
| | 南京经济学院 | 鞠兴荣教授 |
| | 莱阳农学院 | 姜连芳教授 |
| | 华南理工大学 | 李汴生教授 |
| | 大连轻工业学院 | 农绍庄教授 |
| | 上海水产大学 | 宁喜斌副教授 |
| | 江南大学 | 钱和教授 |
| | 天津科技大学 | 阮美娟副教授 |
| | 吉林大学 | 孙永海教授 |
| | 吉林农业大学 | 沈明浩副教授 |
| | 浙江大学 | 沈建福副教授 |
| | 陕西科技大学 | 宋宏新教授 |
| | 中国海洋大学 | 汪东风教授 |
| | 郑州轻工业学院 | 王岁楼教授 |
| | 山西农业大学 | 王如福教授 |
| | 北京联合大学应用文理学院 | 张波教授 |
| | 河北农业大学 | 张伟副教授 |
| | 海南大学 | 易美华教授 |
| | 广西大学 | 文良娟副教授 |
| | 江苏大学 | 赵杰文教授 |
| | 中国海洋大学 | 林洪教授 |
| 秘书长 | 西北农林科技大学 | 樊明涛教授 |

《现代食品检测技术》

编委会 江苏大学 赵杰文 姜松 邹小波
吉林大学 孙永海
西北农林科技大学 岳田利
河北农业大学 张伟
南京农业大学 董明盛 陈晓红
中国农业大学 韩东海
华南理工大学 王启军
吉林农业大学 陈晓平
山西农业大学 吴彩娥
河北科技大学 张桂
安徽农业大学 陆宁

前 言

随着科学的进步、社会的发展和生活水平的不断提高,食品、食品科技及食品文化也在发生着巨大的变化,人们对食品的品质也提出了更高的要求。我们理解的食品品质应包含两方面的内容,其一是食品的营养、口感及外观颜色及形状等;其二是食品的安全卫生。食品品质的好坏,直接关系到食用者的健康、生活质量和安全,而安全问题更是人命关天,有人甚至将食品质量安全列为继人口、资源和环境之后的第四大社会问题。

在大学里,食品质量与安全专业应运而生,部分院校已开始招生,发展势头迅猛。作为新设专业,急需适合本专业特点的统编教材。为此,中国轻工业出版社联合全国 38 个高等学校的食品院系,于 2003 年 1 月 8~11 日在陕西杨凌西北农林科技大学召开了“第一届全国食品质量与安全专业高校教材研讨会”,74 位专家教授参加了会议。在这次会议上,成立了《食品质量与安全》专业教材编写委员会,根据本专业教材需要,决定组织编写 17 本教材,《现代食品检测技术》为其中之一。2003 年 8 月 12~15 日,“第二届全国食品质量与安全专业高校教材研讨会”在北京怀柔举行,会议就各教材的教学大纲进行了深入的讨论,17 本教材的主编分别介绍了大纲内容和编写要点。专家和教授们提出了各自的观点和建议,本教材的详细大纲在这次会议上得到了确认。

本书共分 15 章,主要由三部分的内容组成。除第一章绪论外,第一部分(第二章到第四章)介绍的是物理方法进行检测的内容,习惯上也把此类方法称为无损检测;第二部分(第五章到第十章)介绍的是仪器分析方法进行检测的内容;第三部分(第十一章到第十四章)介绍的是现代分子生物学方法进行检测的内容;第十五章介绍了几种食品微生物自动化检测仪。第一章、第二章由孙永海编写,第三章、第四章由赵杰文、姜松、邹小波编写,第五章由吴彩娥编写,第六章由陈晓平编写,第七章由张桂编写,第八章由王启军编写,第九章由韩东海编写,第十章由陆宁编写,第十一章、第十二章由董明盛、陈晓红编写,第十三章由岳田利编写,第十四章、第十五章由张伟编写,全书由赵杰文统一审定、校阅。

有关食品品质检测的书很多,但是像这样一本内容丰富,几乎涉及到食品品质检测方方面面、包括各种技术手段的书,无论是作为大学教材或者是技术参考书,都是第一本,这可以说是本书的一大特点。随着科学技术的进步,食品检测的内容和方法在不断的扩展和更新,本书的另一个特点是:重点反映先进的检测手段和新的检测方法,以及当前的食品安全快速检测技术。以检测技术和方法(不是以检测对象)来进行章

节的组织则是本书的第三个特点。我们的这些思考能否得到读者们的认可,还要通过实践来检验。

学海无边,个人的知识都有局限性,本书内容又涉及到很多的学科,有疏漏和错误之处在所难免,衷心希望同行和读者不吝指正。

编者

2004.10

目 录

第一章 绪论	1
第一节 食品质量与安全现状及现代食品检测技术的主要内容	1
一、食品质量安全现状	1
二、现代食品检测技术的内容	2
第二节 现代食品检测技术的主要特点	3
一、食品检测技术更加注重实用性和精确性	3
二、食品检测技术中大量应用生物技术领域的研究成果	4
三、食品检测技术与计算机技术结合得越来越紧密	6
四、食品检测中不断应用其他领域新技术	8
五、大力发展实时在线、非侵入、非破坏的食品检测技术	9
第二章 计算机视觉技术	10
第一节 计算机视觉技术及应用概况	10
一、计算机视觉技术	10
二、计算机视觉技术应用概况	10
三、计算机视觉技术特点	12
第二节 计算机视觉的图像处理技术	13
一、图像数字化	13
二、数字图像文件格式	14
三、彩色图像处理	16
四、计算机图像分割方法	20
第三节 食品质量计算机图像分析方法	25
一、物体尺寸分析	25
二、形状特征分析	28
三、纹理特征分析	30
第四节 计算机视觉技术在食品检测中的应用	34
一、食品膨化质量的自动检测	34
二、基于计算机视觉的冷却牛肉嫩度分析方法	35
三、基于计算机视觉技术的冷却牛肉新鲜度评价方法	36
第三章 人工嗅觉、人工味觉检测技术	39

第一节 人工嗅觉、人工味觉检测技术概述	39
一、生物嗅觉与味觉	39
二、人工嗅觉、人工味觉	42
第二节 人工嗅觉、人工味觉的传感器阵列及模式识别	44
一、人工嗅觉、人工味觉传感器及传感器阵列	45
二、人工嗅觉、人工味觉的模式识别	49
第三节 人工嗅觉、人工味觉技术在食品检测中的应用	56
一、人工嗅觉在食品检测中的应用	56
二、人工味觉在食品检测中的应用	60
第四章 食品的力学、声学 and 电学检测新技术	64
第一节 食品的力学检测技术	64
一、食品与农产品品质检测中常用的力学特性	64
二、力学特性的检测技术	65
三、力学特性检测技术的应用	70
四、力学特性检测的常用仪器与设备	73
第二节 食品的声学检测技术	74
一、声学特性检测技术研究概况	74
二、声学特性检测技术	74
三、超声波检测技术	76
第三节 电学检测技术	80
一、电学检测的方法	81
二、电学检测技术的应用	82
第五章 高效液相色谱技术	89
第一节 高效液相色谱分析原理	90
一、高效液相色谱的类型	90
二、高效液相色谱的固定相和流动相	92
三、液相色谱的保留机理	96
第二节 高效液相色谱仪	98
一、高效液相色谱流程图	98
二、高效液相色谱装置部件	99
第三节 定性分析与定量分析	100
一、定性分析	100
二、定量分析	102
第四节 高效液相色谱技术在食品检测中的应用	103

一、HPLC 技术在食品分析中的应用	103
二、HPLC 技术在食品安全检测中的应用	107
第六章 气相色谱技术	115
第一节 气相色谱分离原理及气相色谱仪	115
一、色谱流出曲线及有关术语	115
二、分离参数	116
三、气相色谱的分离原理	117
四、气相色谱仪	119
第二节 气相色谱固定相	120
一、固定液	120
二、担体	121
三、固定相制备	122
第三节 气相色谱检测器	123
一、检测器性能指标	124
二、常用检测器简介	125
第四节 气相色谱的定性与定量分析	128
一、定性分析	128
二、定量分析	129
第五节 气相色谱法在食品检测中的应用	130
一、食品中脂肪酸含量的测定	130
二、食品中糖及糖醇的测定	131
三、食品中有机磷农药残留量测定	132
四、食品中有机氯农药残留量的测定	133
第七章 原子吸收分光光度法	137
一、原子吸收法的三个发展阶段	137
二、原子吸收光谱法的特点	137
第一节 原子吸收分析的原理	138
一、原子吸收光谱的产生	138
二、共振线与吸收线	138
三、热激发时基态原子与总原子数的关系	139
四、原子吸收法的定量基础	140
第二节 原子吸收分析仪	141
一、原子吸收分光光度计的结构	141
二、原子吸收分光光度计的类型	147

三、原子吸收分光光度计的特点	147
第三节 原子吸收分析方法	148
一、标准曲线法	148
二、标准加入法	148
三、原子吸收分析的干扰因素及消除方法	149
四、原子吸收分析测定条件的选择	150
第四节 原子吸收分光光度法在食品检测中的应用	152
一、食物中铅的测定方法	152
二、铁、铜、锰、镁、锌的测定方法	156
第八章 紫外-可见分光光度法	159
第一节 光的本质	159
一、光的本质	159
二、发射光谱	159
三、吸收光谱	160
四、弛豫过程	162
五、电磁波谱	162
第二节 紫外-可见分光光度法的基本原理	163
一、朗伯-比耳定律	163
二、电子跃迁的种类	165
第三节 紫外-可见分光光度计	169
一、仪器基本组成	169
二、分光光度计的类型	171
第四节 定性定量分析	172
一、紫外-可见吸收光谱	172
二、光度测量条件的选择	173
三、定性分析	175
四、定量分析	175
五、计算分光光度法的简介	179
六、紫外-可见分光光度法的特点	183
第五节 紫外-可见分光光度法在食品检测中的应用举例	184
一、标准曲线法测定肉制品中亚硝酸盐的含量	184
二、双波长等吸收点法测定银杏果仁中直链淀粉和支链淀粉	185
第九章 近红外光谱分析技术	188
第一节 近红外光谱分析技术简介	188

一、近红外光谱的采集方法	188
二、近红外光谱的分析方法	189
三、近红外光谱的特点	190
四、近红外光谱分析技术存在的问题	191
第二节 近红外光谱仪	191
一、近红外光谱仪的基本结构	191
二、近红外光谱仪的分类	192
三、近红外光谱仪的主要性能指标	193
第三节 近红外光谱数据分析	194
一、近红外光谱的定量分析	194
二、近红外光谱的定性分析	201
第四节 近红外光谱分析技术在食品检测中的应用	202
一、近红外光谱分析技术在粮食作物检测中的应用	202
二、近红外光谱分析技术在牛奶和乳制品中的应用	203
三、近红外光谱分析技术在果蔬加工和贮藏中的应用	204
四、近红外光谱分析技术在肉制品加工和贮藏中的应用	205
五、近红外光谱分析技术在食品生产线上的应用	205
六、近红外光谱分析技术在食品其他方面的应用	205
第十章 其他食品成分的检测技术	208
第一节 核磁共振波谱分析技术的原理及应用	208
一、核磁共振波谱分析技术的基本原理	208
二、质子核磁共振谱	208
三、碳的核磁共振谱	213
四、二维核磁共振谱	216
五、核磁共振波谱分析技术在食品分析中的应用	216
第二节 质谱分析技术的原理及应用	219
一、质谱法分析技术的基本原理	219
二、质谱分析的种类	219
三、质谱分析过程和步骤	220
四、质谱分析技术在食品分析中的应用	221
第三节 热分析技术的原理及应用	222
一、热分析的概念及分类	222
二、常用热分析技术及原理	223
三、热分析技术在食品分析中的应用	228

第四节 气质、液质联机技术简介	232
一、气质联用技术	232
二、液质联用技术	235
第十一章 PCR 基因扩增技术	238
第一节 PCR 技术的检测原理	238
一、PCR 的基本原理	238
二、PCR 技术的特点	241
第二节 PCR 引物的设计	242
一、引物的选择	242
二、引物设计的原则	242
三、引物合成的质量	243
第三节 PCR 反应条件与程序优化	244
一、PCR 反应成分	244
二、循环参数	247
第四节 PCR 扩增产物的检测分析	249
一、琼脂糖凝胶电泳	249
二、聚丙烯酰胺凝胶电泳	249
三、层析技术	250
四、核酸探针杂交鉴定法	250
五、微孔板夹心杂交	251
六、限制性内切酶分析	251
七、酶免疫法检测 PCR	251
八、单链构型多态性分析法	252
九、PCR 扩增产物的直接测序	252
第五节 PCR 技术的发展	253
一、巢式 PCR	253
二、逆转录 PCR	254
三、多重 PCR	255
四、不对称 PCR	255
五、反向 PCR	256
六、增敏 PCR	257
七、RNA 的聚合酶链反应	257
八、锚定 PCR	258
第六节 PCR 技术在食品微生物检测中的应用	258

一、PCR 技术在食源性致病菌检测中的应用	258
二、PCR 技术在益生菌检测及鉴定中的应用	261
三、存在的问题及应用展望	261
第七节 PCR 技术在转基因食品检测中的应用	262
一、转基因食品的定性检测	262
二、转基因食品的定量检测	264
第十二章 核酸探针检测技术	267
第一节 核酸探针的种类及其制备方法	267
一、基因组 DNA 探针	268
二、cDNA 探针	268
三、RNA 探针	268
四、寡核苷酸探针	269
第二节 探针标记物与标记方法	269
一、核酸探针标记物种类及其特点	269
二、探针标记方法	272
三、探针的纯化	276
四、探针标记效率的评估	276
第三节 探针杂交与信号检测	277
一、核酸杂交	278
二、杂交信号检测	281
第四节 核酸探针在食品微生物检测中的应用	282
一、大肠杆菌	282
二、金黄色葡萄球菌	283
三、李斯特氏菌	283
四、存在的问题及展望	284
第十三章 生物芯片技术	285
第一节 生物芯片的概念及历史沿革	285
一、生物芯片的基本概念	285
二、生物芯片技术研究的背景	286
三、历史沿革	287
第二节 生物芯片的主要类型	288
一、DNA 芯片	289
二、蛋白质芯片	291
三、芯片实验室	292

第三节	生物样品处理与芯片杂交	293
一、	样品的制备和处理	294
二、	生物芯片的制作	298
第四节	杂交信号检测和结果运算	305
一、	杂交信号检测	305
二、	结果运算	309
第五节	生物芯片在食品安全检测中的应用	310
一、	生物芯片在转基因食品安全性检测中的应用	310
二、	生物芯片在营养与食品化学、生物安全性检测领域的应用	313
第十四章	免疫学检测技术	317
第一节	免疫学检测技术原理	317
一、	抗原或抗体检测原理	317
二、	抗原或抗体检测的方法	318
第二节	免疫荧光技术在食品检测中的应用	320
一、	基本原理	320
二、	抗体的荧光标记	320
三、	标本的制作	322
四、	荧光抗体染色方法	322
五、	荧光显微镜检查	323
六、	在食品检验中的应用	323
第三节	酶免疫技术在食品检测中的应用	325
一、	基本原理	325
二、	ELISA 的种类	326
三、	抗体的酶标记	327
四、	酶与底物	329
五、	固相载体	330
六、	最适工作浓度的选择	331
七、	ELISA 测定方法	332
八、	酶免疫技术在食品检验中的应用	334
第四节	放射免疫技术在食品检测中的应用	337
一、	基本原理	337
二、	放射免疫测定技术的种类	338
三、	抗体的同位素标记	339
四、	放射免疫测定方法	341

五、放射免疫在食品检测中的应用·····	343
第五节 单克隆抗体技术在食品检验中的应用·····	344
一、单克隆抗体的基本概念·····	344
二、单克隆抗体技术的基本原理·····	344
三、单克隆抗体技术方法·····	345
四、单克隆抗体技术在食品检测中的应用·····	345
第十五章 食品微生物自动化仪器检测·····	348
第一节 全自动微生物鉴定仪器·····	348
一、ATB Expression 细菌鉴定智能系统·····	348
二、全自动微生物快速鉴定仪器 VITEK 系统·····	351
第二节 全自动微生物总数和大肠杆菌快速测定仪器·····	353
一、微生物总数快速测定仪·····	353
二、ISO-GRID 检测系统·····	354
三、大肠杆菌快速测定仪·····	355
第三节 其他快速测定仪器·····	355
一、自动菌落计数系统·····	356
二、应用电阻抗技术的全自动微生物监测系统——BACTOMETER·····	357
三、全自动酶联荧光免疫分析系统·····	360
四、API 细菌鉴定系统·····	361

第一章 绪 论

随着我国社会主义市场经济的不断完善和发展,食品行业对外贸易与日俱增,作为WTO的新成员,食品的质量与安全问题已成为影响农业和食品工业产品竞争力的关键因素,在某种程度上制约了我国食品产业结构的战略调整。因此,我国科技规划中也设立了食品安全重大科技专项,目的是提高食品质量水平,保障人民身体健康,提高我国农业和食品工业产品的市场竞争力,重点是解决我国食品质量与安全中的关键检测、控制和监测技术;制订符合我国国情的食品安全科技支撑创新体系,促进我国食品工业的健康发展。

第一节 食品质量与安全现状及现代食品检测技术的主要内容

一、食品质量安全现状

近年来,食品质量安全问题已成为全社会关注的热点问题,这主要是由于我国人民生活已由温饱型食物结构,转向营养健康型食物结构,全民食品营养卫生知识得到普及,人民的饮食消费观念也由数量型转向质量型,对食品卫生质量标准的要求更高了。同时,由于我国治理和环保科技相对于国民经济快速发展的滞后,致使环境污染,水土流失,耕地质量下降,生态恶化及自然灾害增多,农业再生产能力降低;加之我国工农业生产的迅速发展和城市人口的剧增,工业三废、城市废弃物的大量排放,农业化肥、农药用量增加,许多有毒有害物质渗入土壤中,使土壤中农药及药物残留严重。除此之外,由于养殖种植过程中的人为原因,直接影响我国饲料作物、经济作物、畜产品和水产品的质量,加剧了食品工业原料的源头污染。

当前,我国食品质量安全存在如下两个方面的问题。①食源性的中毒问题。由食源性污染引起的疾病,已成为目前危害中国公民健康的最重要因素之一。就以2003年为例,截至2003年6月20日,国家卫生部共收到重大食物中毒报告116起,中毒人数3643人,死亡89人。其中微生物性食物中毒29起,中毒1213人,死亡9人。化学性食物中毒42起,中毒977人,死亡52人;有毒动植物食物中毒24起,855人中毒,死亡21人;原因不明或尚未查明原因的食物中毒21起,中毒598人,死亡7人。②食品污染的问题。大量农药化肥兽药生产调节剂等的使用,尤其是滥用国家已禁止的农药,从源头上给食品安全带来极大隐患。国家质检总局2002年第3季度对23个大中城市大型蔬菜批发市场的菜豆、番茄、黄瓜、茄子等十类181种蔬菜进行抽检,其中有86种蔬菜农药残留量超出国