



普通高等教育“十三五”精品课程建设教材

食品分析

丁晓雯 李诚 李巨秀 © 主编

Food Analysis



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

食品分析

丁晓雯 李 诚 李巨秀 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是在参考了教育部专业教学指导委员会制定的培养方案和国内外最新相关资料基础上编写而成的,主要介绍了食品理化检验相关指标的检测原理、常用检测方法、结果计算和注意事项,还简要介绍了食品分析常用检测仪器的工作原理和一般操作步骤,以适应现代食品分析的需求。

全书共分13章,包括绪论,食品样品的采集与预处理,分析方法评估与数据处理,食品物理检验法,食品中水分、灰分、酸度的测定,食品中碳水化合物的测定,食品中脂类物质的测定,蛋白质和氨基酸的测定,维生素的测定,矿物元素和限量元素的测定,部分常用食品添加剂的测定,食品中有害有机物的测定和食品分析新技术与快速检测法简介。

本书主要供高等院校的食品科学与工程专业、食品质量与安全专业以及其他与食品科学相关的专业作为教材使用,也可以供政府相关部门、各类食品厂等单位的有关科技人员作为参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

食品分析/丁晓雯,李诚,李巨秀主编. —北京:中国农业大学出版社,2016.6
ISBN 978-7-5655-1602-3

I. ①食… II. ①丁… ②李… ③李… III. ①食品分析 IV. ①TS207.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 125515 号

书 名 食品分析

作 者 丁晓雯 李 诚 李巨秀 主编

策划编辑 宋俊果 刘 军

责任编辑 洪重光 郑万萍

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

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 17.75印张 440千字

定 价 35.00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 |

编审人员

主 编 丁晓雯(西南大学)
李 诚(四川农业大学)
李巨秀(西北农林科技大学)

副主编 袁 芳(中国农业大学)
李 春(东北农业大学)
倪春梅(内蒙古农业大学)
李述刚(湖北工业大学)
陈继承(福建农林大学)
马春华(武夷学院)

编 者 (按姓氏拼音排序)
陈继承(福建农林大学)
陈姝娟(四川农业大学)
丁晓雯(西南大学)
李 诚(四川农业大学)
李 春(东北农业大学)
李巨秀(西北农林科技大学)
李述刚(湖北工业大学)
刘丽波(东北农业大学)
刘秀英(渤海大学)
马春华(武夷学院)
马 良(西南大学)
倪春梅(内蒙古农业大学)
王艳萍(运城学院)
袁 芳(中国农业大学)
张 清(四川农业大学)
赵丽华(内蒙古农业大学)

主 审 王世平(中国农业大学)

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,既有学术思想的精萃凝结,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

前 言

“民以食为天。”随着食品工业的快速发展,人民生活水平大幅提高,对食品的要求也越来越高,食品不仅要具有诱人的色、香、味、形,更要求有良好的安全保障和营养价值。要评价食品是否具有这些属性即是否具有良好的品质,对食品进行分析检测是必不可少的。

本书以教育部专业教学指导委员会制定的培养方案为指导,参考国内外的最新相关资料,结合教学要求及食品分析检测工作的实际需求编写而成。本书介绍了应用国家标准方法和实际工作中的常用方法,对食品物理指标、一般化学指标、营养成分、限制性成分、有毒有害成分进行分析检测,以及样品的采集、前处理、实验评估和数据的处理,重点包括方法的原理和应用需注意的事项。结合目前的教学实践,本教材没有介绍食品感官分析和食品微生物分析的内容,而主要介绍的是食品理化分析的内容。由于目前食品安全成为全球关注的热点,因此本教材在介绍食品一般理化指标和常规营养成分分析的同时,加大了食品安全性检测方面内容的介绍。随着科技的发展,仪器在食品分析中发挥的作用越来越大,本教材结合实际工作的需求,以国标法和国际常用的先进检测方法为依据,尽量多地介绍仪器分析技术在食品分析中的应用,更加接近食品分析检测工作的实际。

“食品分析”是食品科学与工程、食品质量与安全专业学生的重要专业基础课程之一。为培养学生的综合素质、自学能力,特别是动手能力,本教材引入了二维码技术,将某些具体方法包括试剂配制、操作过程等内容以二维码的形式出现,教材的正文则重点阐述测定方法的原理和注意事项。如果在学习中需要了解详细方法和扩展方法,可以通过扫描二维码获得相关内容,二维码中内容的表现形式生动直观,传统形式的教材中融入了数字化的新技术,提高了教材的教学效果。

本书共分为13章,由丁晓雯、李诚、李巨秀担任主编,袁芳、李春、倪春梅、李述刚、陈继承和马春华担任副主编,编写工作的分工如下:丁晓雯(第1章),李诚(第4章、第13章),李巨秀(第10章),袁芳(第3章),李春(第6章、第9章),倪春梅(第2章),李述刚(第5章),陈继承(附录),马春华(第11章),赵丽华(第9章),刘秀英(第6章),马良(第12章),陈姝娟(第13章),张清(第4章、第7章、第8章),王艳萍(第7章),刘丽波(第8章)。全书由丁晓雯校订、统稿。

本教材的参考文献中仅列出了所参阅资料的主要部分,更多的资料没能一一列举,在此谨向原作者表示感谢!

本书可供高等院校的食品科学与工程、食品质量与安全、农产品质量与安全、粮食工程、乳品工程、食品营养与检验、烹饪与营养等食品相关本、专科专业作为教材使用,也可供食品卫生检验、技术监督和各类食品厂等单位的相关工作者参考。

由于作者的水平有限和时间仓促,书中不妥及错误之处请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 食品分析的作用与意义	2
1.2 食品分析的任务和内容	2
1.2.1 营养成分分析	2
1.2.2 食品安全性分析	2
1.2.3 感官指标分析	3
1.3 食品分析的方法	3
1.3.1 感官分析法	3
1.3.2 化学分析法	3
1.3.3 仪器分析法	4
1.3.4 微生物分析法	5
本章小结	6
思考题	6
参考文献	6
第 2 章 食品样品的采集与预处理	7
2.1 概述	8
2.2 样品的采集与保存	8
2.2.1 样品的采集	8
2.2.2 样品的分类	9
2.2.3 采样的一般方法	10
2.2.4 采样要求与注意事项	11
2.2.5 样品保存	12
2.3 样品的制备与预处理	12
2.3.1 样品的制备	12
2.3.2 样品预处理的目的是与要求	13
2.3.3 样品预处理方法	14
本章小结	24
思考题	24
参考文献	24
第 3 章 分析方法评估与数据处理	26
3.1 食品分析的误差与不确定度	27
3.1.1 误差的种类及其来源	27

3.1.2	误差的表示方法	29
3.1.3	不确定度	32
3.2	测定方法的评价指标	35
3.2.1	准确度	35
3.2.2	精密度	35
3.2.3	灵敏度	35
3.2.4	检出限	36
3.2.5	线性范围	36
3.2.6	选择性	37
3.3	测定结果的检验	37
3.3.1	t 检验法	37
3.3.2	F 检验法	39
3.3.3	使用显著性检验的几点注意事项	40
3.3.4	Excel 软件进行显著性检验	40
3.4	测定结果的处理	41
3.4.1	可疑测定值的取舍	41
3.4.2	有效数字及其修约规则	43
	本章小结	44
	思考题	44
	参考文献	45
第4章	食品物理检验法	46
4.1	几种物理检测法	47
4.1.1	密度计法	47
4.1.2	密度瓶法	48
4.1.3	折光法	50
4.1.4	旋光法	51
4.2	食品的物性测定	53
4.2.1	色度测定	53
4.2.2	黏度测定	54
4.2.3	质构测定	54
	本章小结	55
	思考题	55
	参考文献	55
第5章	食品中水分、灰分、酸度的测定	56
5.1	水分和水分活度的测定	57
5.1.1	概述	57
5.1.2	水分测定方法	58
5.1.3	水分活度的测定	64

5.2 食品中灰分的测定	68
5.2.1 概述	68
5.2.2 总灰分的测定	69
5.2.3 水溶性灰分和水不溶性灰分的测定	72
5.2.4 酸不溶性灰分的测定	73
5.3 食品中酸度的测定	73
5.3.1 概述	73
5.3.2 酸度的测定	74
5.3.3 食品中有机酸的分离与测定	78
本章小结	82
思考题	82
参考文献	83
第6章 食品中碳水化合物的测定	84
6.1 概述	85
6.2 可溶性糖类的测定	86
6.2.1 可溶性糖类的提取和澄清	86
6.2.2 还原糖的测定	87
6.2.3 蔗糖的测定	95
6.2.4 总糖的测定	96
6.3 淀粉的测定	98
6.3.1 酶水解法	98
6.3.2 酸水解法	100
6.3.3 旋光法	101
6.4 纤维素的测定	102
6.4.1 概述	102
6.4.2 植物类食品中粗纤维的测定方法	102
6.4.3 食品中总的、可溶性和不溶性膳食纤维的测定	103
6.5 果胶的测定	104
6.5.1 概述	104
6.5.2 果胶的测定	104
本章小结	107
思考题	107
参考文献	107
第7章 食品中脂类物质的测定	109
7.1 概述	110
7.1.1 脂类的分类、组成、性质	111
7.1.2 脂类物质的测定意义	111
7.1.3 脂肪提取剂与样品预处理	111
7.1.4 脂类的测定方法	113

7.2 食用油脂重要理化特性指标的测定	113
7.2.1 酸价的测定	113
7.2.2 过氧化值的测定	114
7.2.3 羰基价的测定	116
7.2.4 丙二醛的测定	117
7.2.5 碘价的测定	118
7.2.6 皂化价的测定	119
7.3 脂肪含量的测定方法	120
7.3.1 索氏抽提法	120
7.3.2 酸水解法	123
7.3.3 罗兹-哥特里法	124
7.3.4 巴布科克氏法和盖勃氏法	125
7.3.5 氯仿-甲醇提取法	128
本章小结	129
思考题	129
参考文献	129
第8章 蛋白质和氨基酸的测定	130
8.1 概述	131
8.2 蛋白质的快速测定方法	132
8.2.1 双缩脲法	132
8.2.2 考马斯亮蓝比色法	133
8.2.3 蛋白质快速测定仪	135
8.2.4 食品中蛋白质的近红外光谱检测法	136
8.2.5 食品中蛋白质的质谱检测分析法	138
8.3 凯式定氮法测定食品中蛋白质	140
8.3.1 凯式定氮法	140
8.3.2 自动凯氏定氮法	143
8.4 氨基酸的测定	144
8.4.1 氨基酸总量的测定	144
8.4.2 氨基酸的分离与测定	147
本章小结	150
思考题	150
参考文献	150
第9章 维生素的测定	151
9.1 脂溶性维生素的测定	152
9.1.1 维生素A及维生素E的测定	153
9.1.2 胡萝卜素的测定	154
9.1.3 维生素D的测定	154

9.2 水溶性维生素的测定	155
9.2.1 维生素 B ₁ (硫胺素)的测定	155
9.2.2 维生素 B ₂ (核黄素)的测定	156
9.2.3 维生素 C 的测定	157
本章小结	161
思考题	161
参考文献	161
第 10 章 矿物元素和限量元素的测定	162
10.1 原子吸收光谱法与原子荧光光谱法	163
10.1.1 原子吸收分光光度法	163
10.1.2 原子荧光光谱法	165
10.2 钙、铁、锌、硒、碘、磷的测定	166
10.2.1 食品中钙的测定	166
10.2.2 食品中铁的测定	168
10.2.3 食品中锌的测定	169
10.2.4 食品中硒的测定	170
10.2.5 食品中磷的测定	172
10.2.6 食品中碘的测定	173
10.3 汞、镉、铅、砷的测定	175
10.3.1 食品中汞的测定	175
10.3.2 食品中镉的测定	177
10.3.3 食品中铅的测定	179
10.3.4 食品中砷的测定	180
本章小结	182
思考题	182
参考文献	182
第 11 章 部分常用食品添加剂的测定	183
11.1 甜味剂的测定	184
11.1.1 糖精钠的测定	184
11.1.2 环己基氨基磺酸钠(甜蜜素)的测定	185
11.2 防腐剂的测定	185
11.2.1 气相色谱法测定苯甲酸和山梨酸	185
11.2.2 高效液相色谱法测定苯甲酸和山梨酸	185
11.3 发色剂的测定	185
11.3.1 盐酸萘乙二胺比色法测定亚硝酸盐与硝酸盐	186
11.3.2 离子色谱法测定亚硝酸盐与硝酸盐	186
11.4 漂白剂亚硫酸盐的测定	186
11.4.1 盐酸副玫瑰苯胺比色法	186
11.4.2 蒸馏法	186

11.5 食用合成色素的测定	186
11.5.1 高效液相色谱法	187
11.5.2 薄层色谱法	187
本章小结	187
思考题	187
参考文献	187
第12章 食品中有害有机物的测定	188
12.1 食品中农兽药残留的测定	189
12.1.1 有机磷农药的测定方法(气相色谱法)	189
12.1.2 氨基甲酸酯类农药的测定(高效液相色谱法)	192
12.1.3 拟除虫菊酯类农药的测定	194
12.2 常用兽药残留的测定	196
12.2.1 测定原理	197
12.2.2 主要试剂的配制	197
12.2.3 主要操作步骤	197
12.2.4 计算公式	199
12.2.5 说明及注意事项	199
12.3 食品中黄曲霉毒素的测定	200
12.3.1 液相色谱法测定黄曲霉毒素 M ₁ 和 B ₁	200
12.3.2 免疫亲和-液相色谱法测定食品中黄曲霉毒素	201
12.4 食品中苯并芘的测定	204
12.4.1 原理	204
12.4.2 主要试剂的配制	205
12.4.3 主要操作步骤	205
12.4.4 计算公式	206
12.4.5 说明与注意事项	206
12.5 N-亚硝基化合物的测定	206
12.5.1 原理	206
12.5.2 主要试剂的配制	206
12.5.3 主要操作步骤	206
12.5.4 计算公式	207
12.5.5 说明与注意事项	207
本章小结	208
思考题	208
参考文献	208
第13章 食品分析新技术与快速检测法简介	210
13.1 酶联免疫吸附技术	211
13.1.1 酶联免疫吸附分析法的基本原理	211
13.1.2 酶联免疫吸附分析法的类型	211

13.1.3 酶联免疫吸附分析的形式	212
13.1.4 其他检测类型的免疫吸附分析方法	214
13.1.5 仿生抗体酶联免疫吸附分析方法	214
13.1.6 展望	215
13.2 近红外光谱分析技术	216
13.2.1 近红外光谱分析技术的基本原理和特点	216
13.2.2 近红外光谱技术工作流程	216
13.2.3 近红外光谱在食品工业的应用	216
13.2.4 展望	221
13.3 毛细管电泳分析技术	221
13.3.1 毛细管电泳分析技术的装置和特点	221
13.3.2 毛细管电泳分析技术的原理	222
13.3.3 毛细管电泳分析技术常用检测器	222
13.3.4 毛细管电泳分析技术常见的分离模式	223
13.3.5 毛细管电泳技术在食品安全检测中的应用	224
13.3.6 展望	226
13.4 分子印迹固相萃取技术	226
13.4.1 分子印迹技术原理	226
13.4.2 分子印迹技术的方法	227
13.4.3 聚合方法	227
13.4.4 分子印迹固相萃取技术操作模式	228
13.4.5 分子印迹固相萃取技术在食品分析中的应用	229
13.5 生物传感器技术	231
13.5.1 生物传感器的特点	231
13.5.2 生物传感器的分类	232
13.5.3 生物传感器在食品安全领域的应用	233
13.5.4 展望	234
13.6 拉曼光谱在食品分析中应用	234
13.6.1 拉曼光谱的原理	234
13.6.2 拉曼光谱的特点	235
13.6.3 拉曼光谱的分类	235
13.6.4 拉曼光谱在食品分析中的应用	236
13.6.5 展望	237
本章小结	237
思考题	237
参考文献	238
附录 分析检验常用数据	239
(一)常用标准滴定溶液	239
1 盐酸标准滴定溶液	239

2	硫酸标准滴定溶液	240
3	氢氧化钠标准滴定溶液	240
4	0.1 mol/L KOH 标准滴定溶液	241
5	高锰酸钾标准滴定溶液	241
6	0.1 mol/L $H_2C_2O_4$ 标准滴定溶液	242
7	0.1 mol/L $AgNO_3$ 标准滴定溶液	242
8	0.1 mol/L I_2 标准滴定溶液	243
9	0.1 mol/L $Na_2S_2O_3$ 标准滴定溶液	243
10	0.05 mol/L 乙二胺四乙酸二钠($C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$)标准滴定溶液	244
(二)	常用洗涤液的配制和使用方法	245
1	重铬酸钾-浓硫酸溶液(100 g/L)(洗液)	245
2	肥皂洗涤液、碱洗涤液、合成洗涤剂洗涤液	245
3	氢氧化钾-乙醇洗涤液(100 g/L)	245
4	酸性草酸或酸性羟胺洗涤液	245
5	硝酸洗涤液	245
6	硝酸-盐酸洗涤液	245
(三)	实验室常用标准缓冲液的配制	246
1	标准缓冲液的配制	246
2	常用缓冲液的配制方法	246
(四)	常用酸碱指示剂及酸碱滴定指示剂的选择	252
(五)	常用酸碱浓度表(表 19)	253
(六)	酒精度与温度校正表(表 20)	254
	参考文献	268



第 1 章

绪 论



本章学习目的与要求

1. 掌握食品分析的定义、包含的主要内容；
2. 了解食品分析所涉及的主要方法。