



“十二五” 高职高专院校规划教材（食品类）

SHIPINZHONG YOU DU YOU HAI WU ZHI JIAN CE

食品中有毒有害物质检测

SHIPINZHONG YOU DU YOU HAI WU ZHI JIAN CE

陈云 主编



中国质检出版社
中国标准出版社



“十”



校规划教材(食品)

食品
检测

Shipinzhong Youduyouhai Wuzhi Jiance

食品中有毒有害物质检测

陈 云 主编

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

食品中有毒有害物质检测/陈云主编. —北京:中国质检出版社, 2013

“十二五”高职高专院校规划教材(食品类)

ISBN 978-7-5026-3703-3

I. ①食… II. ①陈… III. ①食品—有毒物质—检测 ②食品—有害物质—检测 IV. ①TS207.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 252965 号

内 容 提 要

本书在介绍食品中可能出现的有毒有害物质的基础上,详述了常用的检测方法及食品样品的采集和预处理,并对食品中添加剂、有害元素、农药和兽药残留、毒素和激素,以及其他有毒有害物质的测定等几方面进行了完整的论述,最后一章以前面内容涉及的经典实验形式呈现,以帮助读者更好地完成实际操作。

本书理论联系实际,内容涉及许多交叉学科,可供轻工、农业、医学、环境保护、商学、化工等行业的科研人员、管理人员和相关专业的师生使用,也可作为科普读物供对食品安全感兴趣的读者阅读。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www.spc.net.cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18 字数 443 千字

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月第一次印刷

*

定价: 38.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68510107

— 审 定 委 员 会 —

贡汉坤 (江苏食品职业技术学院)

朱维军 (河南农业职业学院)

夏 红 (苏州农业职业技术学院)

冯玉珠 (河北师范大学)

贾 君 (江苏农林职业技术学院)

杨昌鹏 (广西农业职业技术学院)

刘 靖 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

钱志伟 (河南农业职业学院)

黄卫萍 (广西农业职业技术学院)

彭亚锋 (上海市质量监督检验技术研究院)

曹德玉 (河南周口职业技术学院)

— 本书编委会 —

主 编 陈 云 (南通农业职业技术学院)

副主编 欧杨虹 (南通农业职业技术学院)

华海霞 (南通农业职业技术学院)

李 锋 (南通农业职业技术学院)

参 编 陈正荣 (江苏大富豪啤酒有限公司)

姚会敏 (河南质量工程职业学院)

李 婷 (广东省质量监督食品检验站)

彭 玲 (宜春学院)

樊镇棣 (山东商务职业学院)

孙亚真 (洛阳出入境检验检疫局)

序 言

伴随着经济的空前发展和人民生活水平的不断提高,人们对食品安全的关注度日益增强,食品行业已成为支撑国民经济的重要产业和社会的敏感领域。近年来,食品安全问题层出不穷,对整个社会的发展造成了一定的不利影响。为了保障食品安全,规范食品产业的有序发展,近期国家对食品安全的监管和整治力度不断加强。经过各相关主管部门的不懈努力,我国已基本形成并明确了卫生与农业部门实施食品原材料监管、质监部门承担食品生产环节监管、工商部门从事食品流通环节监管的制度完善的食品安全监管体系。

在整个食品行业快速发展的同时,行业自身的结构性调整也在不断深化,这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求,而与此相关的职业教育正是在食品科学与工程各项理论的实际应用层面培养专业人才的重要渠道,因此,近年来教育部对食品类各专业的职业教育发展日益重视,并连年加大投入以提高教育质量,以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此,教育部对高职高专院校食品类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整,使高职高专教育逐步从普通本科的教育模式中脱离出来,使其真正成为为国家培养生产一线的高级技术应用型人才的职业教育,“十二五”期间,这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点,编写高职高专院校食品类各专业所需的教材势在必行。

针对以上变化与调整,由中国质检出版社牵头组织了“十二五”高职高专院校规划教材(食品类)的编写与出版工作,该套教材主要适用于高职高专院校的食品类各相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快,因此,我们有针对性地组织了江苏食品职业技术学院、河南农业职业学院、苏州农业职业技术学院、江苏农林职业技术学院、江苏畜牧兽医职业技术学院、吉林农业科技学院、广东环境保护工程职业学院、广西农业职业技术学院以及上海农林职业技术学院等40多所相关高校、职业院校、科研院所以及企业中兼

具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的高质量教材提供了必要的保障，以此来满足食品类各专业普通高等教育和职业教育的不断发展和当前全社会对建立食品安全体系的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高食品类各专业高等教育和职业教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校食品类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，而且也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出，必将会推动我国食品类高等教育和职业教育教材体系建设的逐步完善和不断发展，从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材审定委员会

2012 年 1 月

前言

• FOREWORD •

本教材是校企合作教材，其体系的构建依照职业教育的“工作过程为导向”原则，打破学科的“系统性”和“完整性”。内容根据职业岗位的任职要求，参照相关的职业资格标准，采用倒推法确定。删除假设推论，减少原理论证，尽可能多地采用生产实践中的检测方法，加强与实际工作的接轨。教材能反映行业中正在应用的新技术、新方法，体现实用性与先进性的结合。

本书主要内容包括食品中有毒有害物质检测的一般方法、食品样品的采集和预处理、食品中添加剂的检验、食品中有害元素的测定、食品中农药及兽药残留的测定、食品中毒素和激素的测定、其他食品中有毒有害物质检测及实验。

本书由陈云主编，欧杨虹、华海霞、李锋为副主编。绪论和第一章由江苏省南通农业职业技术学院陈云编写；第二章由江苏大富豪啤酒有限公司南通工厂陈正荣编写；第三章由江苏省南通农业职业技术学院华海霞编写；第四章第一节~第五节由河南质量工程职业学院食品与化工系姚会敏编写；第四章第六节~第八节由广东省质量监督食品检验站（潮州）/广东省潮州市质量计量监督检测所李婷编写；第五章由宜春学院彭玲编写；第六章由山东商务职业学院樊镇棣编写；第七章由江苏省南通农业职业技术学院李锋编写；第八章共有十八个实验，其中六个实验（实验三、实验七~实验十、实验十三）由洛阳出入境检验检疫局孙亚真编写；其余十二个实验（实验一~实验二、实

验四~实验六、实验十一~实验十二、实验十四~实验十八) 由江苏省南通农业职业技术学院欧杨虹编写。全书由陈云统稿。

本书理论联系实际, 内容涉及许多交叉学科, 可供轻工、农业、医学、环境保护、商学、化工等行业的科研人员、管理人员和相关专业的师生使用, 也可作为科普读物供对食品安全感兴趣的读者阅读。

在本书的编写过程中得到各方面的大力支持, 在此表示衷心感谢。

随着科学技术的迅猛发展, 特别是在 21 世纪, 食品中有毒有害物质检测的内容日渐丰富, 涉及的范围十分广泛。由于我们的编写水平有限, 编写时间仓促, 书中难免存在缺点和不妥之处, 敬请专家和读者提出宝贵意见。

编者

2012 年 10 月

目 录

• CONTENTS •

绪 论	(1)
第一章 食品中有毒有害物质检测的方法	(3)
第一节 化学分析法	(3)
一、重量分析	(3)
二、容量分析	(3)
第二节 仪器分析法	(5)
一、紫外-可见分光光度法	(5)
二、原子吸收光谱法	(7)
三、荧光分析法	(9)
四、原子荧光光谱法	(9)
五、电位分析法	(10)
六、气相色谱法	(11)
七、高效液相色谱法	(12)
八、离子色谱法	(13)
九、薄层色谱法	(14)
第三节 微生物分析法	(14)
一、食品微生物检验的意义	(14)
二、食品微生物检验的范围	(15)
三、食品微生物检验的指标	(15)
四、菌落总数的测定	(16)
五、大肠菌群的测定	(19)

六、常见致病菌的检验	(25)
七、真菌学检验	(31)
第四节 分析方法的选择	(34)
一、正确选择分析方法的重要性	(34)
二、选择分析方法应考虑的因素	(34)
三、分析方法的评价	(35)
第二章 食品样品的采集和预处理	(37)
第一节 样品的采集、制备与保存	(37)
一、样品的采集	(37)
二、样品的制备	(40)
三、样品的运输与保存	(41)
第二节 样品的预处理	(42)
一、有机物破坏法	(42)
二、溶剂提取法	(44)
三、蒸馏法	(46)
四、盐析法	(48)
五、化学分离法	(48)
六、色层分离法	(49)
七、浓缩法	(49)
八、样品的现代处理技术	(50)
第三章 食品添加剂的测定	(54)
第一节 概述	(54)
一、食品添加剂的定义和分类	(54)
二、食品添加剂的一般要求	(55)
三、食品添加剂的应用	(55)
四、食品添加剂测定的意义	(56)
五、食品添加剂常测定的项目与方法	(56)
第二节 防腐剂的测定	(56)
一、概述	(56)
二、苯甲酸(钠)的测定	(58)
三、山梨酸(钾)的测定	(61)
四、高效液相色谱法同时测定苯甲酸(钠)和山梨酸(钾)的含量	(62)

第三节 甜味剂的测定	(64)
一、概述	(64)
二、糖精钠的测定	(64)
三、甜蜜素的测定	(69)
第四节 漂白剂的测定	(72)
一、概述	(72)
二、二氧化硫(亚硫酸盐)的测定	(73)
第五节 护色剂的测定	(78)
一、概述	(78)
二、亚硝酸盐的测定	(79)
三、硝酸盐的测定	(81)
第六节 着色剂的测定	(84)
一、概述	(84)
二、食用合成着色剂的检测	(85)
第七节 抗氧化剂的测定	(89)
一、概述	(89)
二、叔丁基羟基茴香醚(BHA)与2,6-二叔丁基对甲酚(BHT)的测定	(90)
第四章 食品中有害元素的测定	(94)
第一节 概 述	(94)
一、食品中有害元素的来源	(94)
二、食品中有害元素的毒性	(94)
三、食品中有害元素的检测方法	(95)
第二节 铜	(96)
一、铜对食品的污染	(96)
二、食品中铜的毒性与危害	(96)
三、食品中铜的限量标准	(96)
四、食品中铜测定的方法	(97)
第三节 铅	(101)
一、铅对食品的污染	(101)
二、食品中铅的毒性与危害	(101)
三、食品中铅的限量标准	(101)
四、食品中铅测定的方法	(102)
第四节 铬	(110)

一、铬对食品的污染	(110)
二、食品中铬的毒性与危害	(111)
三、食品中铬的限量标准	(111)
四、食品中铬测定的方法	(111)
第五节 镉	(114)
一、镉对食品的污染	(114)
二、食品中镉的毒性与危害	(115)
三、食品中镉的限量标准	(115)
四、食品中镉测定的方法	(116)
第六节 砷	(119)
一、砷对食品的污染	(119)
二、食品中砷的毒性与危害	(120)
三、食品中砷的限量标准	(120)
四、食品中砷测定的方法	(122)
第七节 汞	(129)
一、汞对食品的污染	(129)
二、食品中汞的毒性与危害	(129)
三、食品中汞的限量标准	(130)
四、食品中总汞的检测方法	(131)
第八节 铝	(137)
一、铝对食品的污染	(138)
二、食品中铝的毒性与危害	(139)
三、食品中铝的限量标准	(139)
四、食品中铝的检测方法	(139)
第五章 食品中农药及兽药残留的测定	(145)
第一节 食品中农药残留的测定	(145)
一、概论	(145)
二、食品中有机磷农药残留的测定	(148)
三、食品中有机氯农药残留的测定	(151)
四、食品中氨基甲酸酯类农药残留的测定	(157)
五、食品中拟除虫菊酯类农药残留的测定	(163)
第二节 食品中兽药残留的测定	(167)
一、概述	(167)

二、食品中抗生素残留量的测定	(169)
三、其他药物残留量的测定	(173)
第六章 食品中(天然)毒素和激素的测定	(177)
第一节 食品中天然毒素的测定	(177)
一、概述	(177)
二、动物类食品中(天然)毒素的测定	(178)
三、植物类食品中(天然)毒素的测定	(185)
第二节 食品中激素的测定	(188)
一、概述	(188)
二、食品中激素的测定	(189)
第七章 食品中其他有毒有害物质检测	(194)
第一节 食品中黄曲霉毒素的检验	(194)
一、自然界存在的黄曲霉毒素	(194)
二、黄曲霉毒素理化性质	(194)
三、毒性	(195)
四、黄曲霉毒素的检测方法	(195)
第二节 食品中氰化物的检验	(205)
一、氰化物简介	(205)
二、氰化物的毒性	(205)
三、氰化物的检测方法	(205)
第三节 食品中N-亚硝胺的检验	(211)
一、亚硝酸盐简介	(211)
二、亚硝胺毒性	(211)
三、亚硝胺的测定方法	(211)
第四节 食品中甲醇的测定	(215)
一、甲醇性质	(215)
二、甲醇的毒性	(215)
三、甲醇的检测方法(品红-亚硫酸比色法)	(216)
第五节 食品中多氯联苯的测定	(217)
一、氯化联苯的理化性质	(217)
二、毒理	(218)
三、氯化联苯的测定方法(气相色谱法)	(218)

第六节 食品中三聚氰胺的测定	(221)
一、三聚氰胺性质	(221)
二、三聚氰胺毒性	(222)
三、三聚氰胺的测定方法	(222)
 第八章 食品中有毒有害物质检测实验	(232)
实验一 亚硝酸盐含量的测定	(232)
实验二 食品中二氧化硫含量的测定	(234)
实验三 饮料中糖精钠、苯甲酸钠含量的测定	(236)
实验四 果汁饮料中人工合成色素的测定	(238)
实验五 植物油中抗氧化剂的测定	(240)
实验六 食品中汞含量的测定	(242)
实验七 食品中砷的测定	(244)
实验八 食品中铅含量的测定	(248)
实验九 食品中氨基甲酸酯农药残留量的测定	(251)
实验十 食品中拟除虫菊酯农药残留量的测定	(254)
实验十一 鲜乳中抗生素残留量的测定	(256)
实验十二 家禽中激素含量的测定	(258)
实验十三 鸡蛋及蛋粉中三聚氰胺的测定	(260)
实验十四 花生中黄曲霉毒素的测定	(262)
实验十五 果蔬中致病性大肠杆菌的测定	(264)
实验十六 食品包装材料中苯乙烯及乙苯等挥发成分的测定	(267)
实验十七 白酒中甲醇含量的测定	(268)
实验十八 食品中氰化物含量的测定	(270)
 参考文献	(272)

绪 论

食品中的有毒有害物质是指在生产、加工、包装、运输、储藏、销售等各个环节中产生、引入或污染的,对人体健康有危害的物质。食品中有毒有害物质检测是对食品、半成品、原材料和包装材料中的限量元素(微量元素和重金属元素)、农药和兽药残留、微生物毒素以及食品生产加工、储藏过程中加入或产生的有害物质和污染物质,以及食品材料中固有的某些有毒有害物质进行检测,评定食品的品质,以保证食品的安全性。一般来说,食品中可能出现的有毒有害物质,按其性质可以概括为以下几类:

1. 食品添加剂

食品添加剂是指在食品生产中,为了改善食品的感官性状,改善食品原有的品质、增强营养、提高质量、延长保质期、满足食品加工工艺需要而加入食品中的某些化学合成物质或天然物质。由于目前所使用的食品添加剂多为化学合成的物质,如果不科学使用,必然会严重危害人们的健康。我国对食品添加剂的使用品种、使用范围及用量均作了严格的规定。因此,必须对食品中的食品添加剂进行检测,监督企业在食品生产和加工过程中是否合理地使用食品添加剂,以保证食品的安全性。

2. 有害元素

有害元素是指在食物中存在的有机、无机化合物及重金属等。有害元素的主要来源是:工业三废、生产设备、包装材料等造成的污染。

3. 农药与兽药残留

农药污染主要是指因农药不合理施用造成食物中农药的污染,或因动植物体对污染物的富集作用,或通过食物链而造成食品中农药的残留。农药对食品安全性产生的影响,已成为近年来人们关注的焦点。在美国,由于消费者的强烈反应,35种有潜在致癌性的农药已列入禁用的行列。我国有机氯农药虽于1983年已停止生产和使用,但由于有机氯农药化学性质稳定,不易降解,在食物链、环境和人体中可长期残留,目前在许多食品中仍有较高的检出量。随之代替的有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类等农药,虽然残留短、用量少、易于降解,但农业生产中滥用农药导致害虫抗药性的增强,这又使人们加大了农药的用量,并采用多种农药交替使用的方式进行农业生产。这样的恶性循环,对食品安全性以及人类健康构成了很大的威胁。

为预防和治疗家畜、家禽、鱼类等的疾病,促进生长,大量投入抗生素、磺胺类和激素等药物,造成了动物性食品中的药物残留,尤其在饲养后期、宰杀前施用,药物残留更为严重。一些研究者认为,动物性食品中的某些致病菌如大肠杆菌等,可能由于滥用抗生素造成该抗药性提高,从而可形成新的抗药菌株。将抗生素作为饲料添加剂,虽有显著的增产防病作用,却导致了这些抗生素对人类的医疗效果越来越差。尽管世界卫生组织呼吁减少用于农业的抗生素种类和数量,但由于兽药产品给畜牧业和医药工业可带来的丰厚经济效益,要把兽药纳入合理使用轨道远非易事,因此,兽药的残留是目前及未来影响食品安全性的重要因素。



4. 食品加工、储藏中产生和来自包装材料的有害物质

食品加工、储藏中产生的有害物质主要是指在食品加工过程中如酒精发酵产生的醛、酮类物质;在腌制中产生的亚硝酸胺;在油炸、烧烤中产生的3,4-苯并芘。也有因食品储藏不当而引起食物组成成分的化学变化并产生的有害物质,如脂肪氧化产生的过氧化物等。

由于使用了质量不合乎卫生要求的包装材料,其中的有害物质如聚氯乙烯、多氯联苯、荧光增白剂等,对食品造成污染。

5. 细菌、霉菌及其毒素

微生物广泛地分布于自然界中,绝大多数微生物对人类和动物、植物有益的,有些甚至是必需的。而另一方面,微生物也是造成食品变质的主要因素,其中病原微生物还会致病,某些微生物在代谢过程中产生的毒素会引起食品中毒。因此,为了正确而客观地提高食品的卫生情况,加强食品卫生的管理,保障人们的健康,并对防止某些传染病的发生提供科学依据,必须对食品微生物指标进行检验。食品微生物的检验主要是对食品中细菌总数、大肠菌群以及致病菌进行测定。除此之外,某些食品还需检测霉菌及其产生的毒素。

6. 天然毒素及其他

大自然赋予动植物以合成众多化学物质的能力,这些化学物质有的是对人体健康有害的,如氰苷、红细胞凝集素、河豚毒素等,被人类或动物摄入后能引起毒性反应。如果摄入量过大或食用方法不正确,就会对人体健康带来危害。

当今,人们不断开发利用丰富的生物资源,以增加食物的种类。长期以来,人们对化学物质引起的食品安全性有不同程度的了解,却忽视了食品本身具有的天然毒素。于是在生产不添加任何化学物质的天然食品颇受青睐,身价倍增,一些宣传媒体也将其描述为有百利而无一害的食品,是绝对安全的。事实并非如此,因天然动植物毒素引起的食物中毒事件屡有发生,因此给人类健康带来的危害以及造成的经济损失触目惊心。

当然除此之外,还有一些新型食品、假冒伪劣食品等中也存在一些有害成分。随着科学技术的进步,人们生活水平的提高,食品中越来越多的有害物质将被人类发现。

随着我国食品工业和食品科学技术的发展,以及对外贸易的需要,食品中有毒有害物质的检测工作已经提高到一个极其重要的地位,特别是为了保证食品的安全,执行国家的食品法规和管理办法,搞好食品卫生监督工作,开展食品科学技术研究,寻找食品污染的根源,人们更需要对食品中各种对人体有害、有毒物质进行分析检测。