



普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品 安全检验技术

SHIPIN ANQUAN JIANYAN JISHU



□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□

吴晓萍 周春霞◎主编

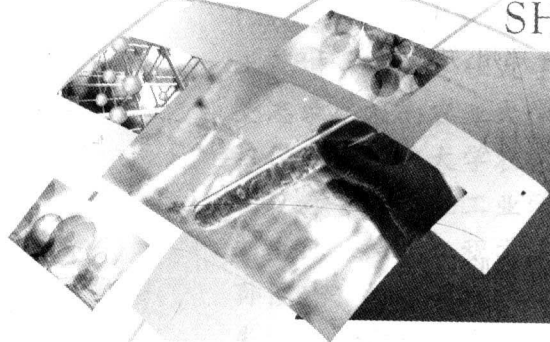
 郑州大学出版社



普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材
高等学校食品类国家特色专业建设教材

食品安全检验技术

SHIPIN ANQUAN JIANYAN JISHU



常州大学图书馆
藏书章

吴晓萍 周春霞◎主编



郑州大学出版社
郑州

内容提要

本教材着重介绍食品中可能存在的化学性危害残留物质检验技术。首先总体介绍了国内外食品安全检验检测的现状和发展,然后按照食品安全检验的操作顺序,介绍了主要的样品前处理技术、主要的色谱检测技术和现代生物检测技术。在此基础上,详细阐述了食品中农药和兽药残留、生物毒素、食品添加剂、重金属、食品加工、储藏过程中产生的有毒有害物质、转基因成分等主要检测项目常见的检测方法。

图书在版编目(CIP)数据

食品安全检验技术/吴晓萍,周春霞主编. —郑州:郑州大学出版社,2012.9

(普通高等教育食品类专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5645-0840-1

I. ①食… II. ①吴… ②周… III. ①食品检验-高等学校-教材 IV. ①TS207.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 093032 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

河南写意印刷包装有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:17.5

字数:428 千字

版次:2012 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2012 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-0840-1

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



编写指导委员会

(按姓氏笔画排序)

- | | |
|-----|------------------------|
| 王茂增 | 河北工程大学农学院副教授 |
| 艾志录 | 河南农业大学食品科学技术学院教授 |
| 权伍荣 | 延边大学农学院食品科学系教授 |
| 刘延奇 | 郑州轻工业学院食品与生物工程学院教授 |
| 刘全德 | 徐州工程学院食品生物工程学院副教授 |
| 孙俊良 | 河南科技学院食品学院教授 |
| 朱 珠 | 吉林工商学院食品工程分院教授 |
| 肖安红 | 武汉工业学院食品科学与工程学院教授 |
| 李新华 | 沈阳农业大学食品学院教授 博导 |
| 汪东风 | 中国海洋大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 张凤宽 | 吉林农业大学发展学院生物食品学院教授 |
| 张进忠 | 安阳工学院生物与食品工程学院教授 |
| 陆启玉 | 河南工业大学粮油食品学院教授 博导 |
| 陈从贵 | 合肥工业大学生物与食品工程学院教授 |
| 邵秀芝 | 山东轻工业学院食品与生物工程学院教授 |
| 岳田利 | 西北农林科技大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 胡耀辉 | 吉林农业大学食品科学与工程学院教授 博导 |
| 侯玉泽 | 河南科技大学食品与生物工程学院教授 |
| 章超桦 | 广东海洋大学食品科技学院教授 博导 |
| 蔺毅峰 | 运城学院生命科学系教授 |
| 阚建全 | 西南大学食品科学学院教授 博导 |



主 编 吴晓萍 周春霞

副 主 编 马 良 聂芳红

编写人员 (按姓氏笔画排序)

马 良 李雪琴 吴晓萍

杨兆艳 金华丽 周春霞

姜春鹏 聂芳红 徐 颖

樊跃峰



近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展作出了巨大贡献,但是,还不能完全适应经济社会发展的需要,迫切需要进一步深化高等学校教育教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质创新性人才的需要。为此,国家实施了高等学校本科教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革、全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

专业建设、课程建设和教材建设是高等教育“质量工程”的重要组成部分,是提高教学质量的关键。“质量工程”实施以来,在专业建设、课程建设方面取得了明显的成果,而教材是这些成果的直接体现,同时也是深化教学内容和教学方法改革的重要载体。为此,教育部要求加强立体化教材建设,提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,在教育部食品科学与工程专业教学指导委员会的指导下,在全国范围内,对食品类专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,组织全国二十余所学校召开了食品类专业教育教学研讨会、教材编写论证会,组织学术水平高、教学经验丰富的一线教师,编写了本套系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这套教材的出版对食品类专业教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

编写指导委员会

2010年11月



食品是人类赖以生存和发展的重要物质基础,食品工业的发展水平是一个国家经济社会发展水平及人民生活质量的重要标志。

食品安全性的提高以科技发展为基础,主要包括检验检测技术、监测体系建设、风险评估技术、食品供应过程安全控制技术等,其中一个重要的科技瓶颈就是关键检测技术的开发,因此各国都非常重视食品安全的科技发展。

长期以来,国际国内都非常重视食品安全检测技术研究,并以此为基础制定先进的、科学的分析方法标准。近年来,我国在农药残留检测、兽药残留检测、重要有机污染物的痕量与超痕量检测、食品添加剂、饲料添加剂与违禁化学品检验方法、生物毒素和中毒控制常见毒物检测、食品中重要人畜疾病病原体检测技术等方面的研究取得了重大进展。

为此,本教材编写团队在多年教学与实践的基础上,查阅了大量的国内外相关文献资料,编写了本书,以满足食品安全教学、科研和生产的需要。本书共分14章,由广东海洋大学周春霞主编。第1章由周春霞编写;第2章由周春霞、广东海洋大学聂芳红编写;第3章由聂芳红、西南大学马良编写;第4章由郑州轻工业学院姜春鹏、陕西科技大学徐颖编写;第5章由河南工业大学樊跃峰编写;第6章由河南工业大学李雪琴编写;第7章由运城学院杨兆艳编写;第8章由马良编写;第9章由河南工业大学金华丽编写;第10、12章由徐颖编写;第11章由姜春鹏编写。最后由周春霞、聂芳红统稿,广东海洋大学吴晓萍教授审稿。

教材得以顺利完成出版,是全体编委的共同努力,同时也得到了郑州大学出版社的领导和工作人员的支持和帮助,为保证本书的系统性,在编写过程中参考了有关同行发表的文献,在此一并表示诚挚的谢意。

本书可供开设有食品及相关专业的高等院校师生使用,同时也可作为食品检测机构、食品企业级有关科技人员参考使用。

限于编者的知识和经验,加上食品安全检测项目的种类多样以及检测技术的快速发展,无论从理论上还是技术方面都还需要继续深入研究和完善,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2012年2月6日



第1章 绪论.....	1
1.1 食品安全现状	2
1.2 食品安全检验检测的重要性	3
1.3 食品安全检验检测的主要内容及特点	5
1.4 食品安全检验技术研究进展	11
第2章 食品安全检验样品前处理技术.....	15
2.1 概述	16
2.2 提取技术	16
2.3 净化技术	32
2.4 浓缩技术	44
2.5 无机元素的前处理技术	45
第3章 食品安全仪器检测技术.....	48
3.1 气相色谱技术	49
3.2 高效液相色谱技术	53
3.3 质谱分析技术	57
3.4 原子吸收光谱技术	62
3.5 近红外光谱技术	66
3.6 食品安全无损检测技术	72
第4章 食品安全现代生物检测技术.....	76
4.1 免疫学检测技术	77
4.2 PCR 检测技术	85
4.3 生物传感器	93
4.4 生物芯片技术	98
第5章 食品添加剂的检验	104
5.1 防腐剂的检验	105
5.2 甜味剂的检验	111
5.3 漂白剂的检验	115
5.4 抗氧化剂的检验	119
5.5 着色剂的检验	122
5.6 发色剂的检验	127
5.7 非法添加物的检验	130
5.8 食品添加剂的快速检测	134
第6章 农药残留量的检验	138
6.1 农药残留概述	139
6.2 农药残留分析技术的现状和展望	139

6.3	有机氯农药残留量的检验	140
6.4	有机磷农药残留量的检验	144
6.5	氨基甲酸酯类农药残留量的检验	146
6.6	拟除虫菊酯类农药残留量的检验	149
6.7	农药残留快速检测技术	152
6.8	多种类农药残留量的同时测定	159
第7章	兽药残留量的检验	162
7.1	兽药残留概述	163
7.2	抗生素残留量的检验	163
7.3	磺胺类药物残留量的检验	167
7.4	呋喃类药物残留量的检验	172
7.5	激素类药物残留量的检验	175
7.6	苯并咪唑类药物残留量的检验	180
7.7	染料类药物残留量的检验	183
第8章	生物毒素的检验	188
8.1	生物毒素的概述	189
8.2	贝类毒素的检验	190
8.3	鱼类毒素的检验	197
8.4	植物毒素的检验	200
8.5	真菌毒素的检验	205
8.6	生物毒素的快速检测技术	211
第9章	重金属的检验	214
9.1	概述	215
9.2	食品中总汞的检验	217
9.3	食品中铅的检验	221
9.4	食品中镉的检验	227
9.5	食品中总砷及无机砷的检验	230
9.6	食品中铬的检验	233
9.7	食品中重金属残留的快速测定技术简介	236
第10章	食品加工、储藏过程中产生的有毒有害物质的检验	239
10.1	概述	240
10.2	多环芳烃和苯并[a]芘的检验	240
10.3	氯丙醇的检验	245
10.4	杂环胺的检验	248
第11章	转基因食品的检验	251
11.1	转基因技术概况	252
11.2	转基因食品的检测技术	253
11.3	转基因食品安全检测应用实例	259
第12章	食品掺伪的检验	261
11.1	概述	262
11.2	食品掺伪鉴别检验的方法	263
11.3	乳制品掺伪的鉴别检验	264
参考文献		270

随着社会和生产力的发展,食品交易中出现了大量利用现代高科技手段的制伪、掺假、掺毒和欺诈现象。为了保证人们的健康和安全,在食品的安全保障方面也随之提出了更高的要求 and 标准。但由于食品检验缺乏方便、快捷、准确、灵敏的手段,种种食品安全新问题层出不穷,直接威胁着人们的健康和安全。

食品安全性的提高以科技发展为基础,主要包括检验检测技术、监测体系建设、风险评估技术、食品供应过程安全控制技术等,其中一个重要的科技瓶颈就是关键检测技术的开发,因此掌握和发展食品安全检验技术显得日益重要。

第 1 章

绪 论

1.1 食品安全现状

进入 20 世纪以后,食品工业添加剂的应用越来越多,农药、化肥、兽药在农产品生产中的重要性日益上升,工业“三废”对环境及食品的污染不断加重,农产品和加工食品中有毒有害物质残留问题越来越突出。另外,化学检测手段及其精度不断提高,农产品及其加工产品在地区之间流通规模日增,国际食品贸易量越来越大,这一切对食品安全提出了新的要求。问题的焦点和热点,逐渐从食品不卫生、传播疾病、制伪掺杂,转向某些化学品对食品的污染及对消费者健康的潜在威胁。尤其是从 20 世纪 80 年代末以来,由于一系列食品原料的化学污染、疯牛病的爆发、口蹄疫疾病的出现和自然毒素的影响,以及畜牧业中抗生素的应用、转基因技术的应用等,使食品安全成为全世界所共同关注的问题。

随着现代食品科学技术的发展,食品的数量、种类日益丰富,涉及的领域也越来越多,各种农药、兽药及添加剂在食品生产中的广泛应用,各种新技术在食品工业中的广泛渗透,也使得食品安全问题已远远超出了传统的食品卫生或食品污染的范畴,人类的食物生产与消费活动都在经历着巨大的变化。1993 年,英国科学家 Fisher 对当代发达和较发达社会或国家提出了一张饮食风险清单:营养过剩或营养失衡、酗酒、微生物污染、自然产生的食品毒素、环境污染物(包括核污染)、农药及其他农用化学品残留物、兽用药物残留、包装材料污染、食品添加剂和饲料添加剂、新开发食品及新工艺产品、其他化学物质引起的饮食风险(如工业事故污染食品)、假冒伪劣食品等。以上清单内容可归纳为现代食品安全的六大类问题,即营养失控、微生物致病、自然毒素、环境污染物、人为加入食物链的有害化学物质和其他不确定的饮食风险,这也是国际社会普遍关注的问题。

当然,由于科技进步、管理水平及社会发展的不平衡性,食品安全问题的内涵及轻重缓急在不同国家不同地区不完全相同,公众对食品安全的关注和认同意识也不同。但从整个社会进步与持续发展的角度分析,全面理解食品安全问题的意义与趋势,深入研究食品安全问题的诸多方面,理顺影响食品安全问题链条上的各种关系,建立保证食品安全的有效监控管理体系,是包括生产者、消费者、经营者和管理者在内的全社会的重要课题。

近年来,国内外食品安全事件频繁发生。疯牛病、二噁英、口蹄疫、禽流感、三聚氰胺等事件,不但给国家的相关产业造成了灾难性的打击,而且使公众对政府的信任度也急剧下降。食品安全问题已成为广大消费者、行业组织和政府关注的焦点。

《中华人民共和国食品安全法》(2009 年 6 月 1 日起施行)对食品安全的规定是,食品无毒、无害,符合应当有的营养要求,对人体健康不造成任何急性、亚急性或者慢性危害,这是食品安全的定义和根本内容。食品安全一般是指相对安全性,即指一种食物或成分在合理食用方式和正常食用量下不会导致对健康损害的实际确定性。因此,在进行食品安全性分析时,应该从食品构成和食品科技的现实出发,明确提供最丰富营养和最佳品质食品的同时,在现有的先进检测方法下,力求把可能存在的任何风险降低到最低限度,科学保护消费者利益。同时,在有效控制食品有害物质或有毒物质含量的前提下,一切食品是否安全,还要取决于食品制作、饮食方式的合理性,适当的食用数量,以及食

用者自身的一些内在条件。

1.2 食品安全检验检测的重要性

食品安全关乎生命与健康,是保护人类健康和提高人类生活质量的基础。随着经济社会的持续高速发展以及人民生活水平的提高,人们对食品安全提出了越来越高的要求。同时,食品安全问题已成为影响国家农业和食品产业国际竞争力的关键因素,并已由学术观点问题,发展到知识产权问题、环境问题、经济问题甚至政治问题和社会问题。因此,食品安全不仅涉及到消费者的健康,而且关系到国家经济的发展,关系到社会的稳定和民众对政府的信心。

食品安全性的提高以科技发展为基础,主要包括检验检测技术、监测体系建设、风险评估技术、食品供应过程安全控制技术等,其中一个重要的科技瓶颈就是关键检测技术的开发,因此各国都非常重视食品安全的科技发展。其中,检验检测能力是左右一个国家(地区)食品安全工作水平的关键。在实行“从农田到餐桌”全过程管理的食品安全保障体系中,检测工作起到了非常重要的作用。食品安全检验检测技术是开展国家食品安全监测、有效实施风险评估、合理执行食品安全法律法规与标准、加强食品安全管理和进行市场监管的重要手段,是维护食品安全国际贸易利益、保障人们生活健康的基本工具,其重要性及意义主要体现在以下几个方面。

(1)日益突出的食品安全问题要求食品安全检测技术日新月异 随着人类社会的发展和科学技术的快速进步,人类的食物生产与消费活动都在经历着巨大的变化。与人类历史上的任何时期相比,一方面是现代饮食与健康水平普遍提高,要求食品的安全性状况需要有较大的甚至是质的改善。另一方面则是人类食品生产和食物链环节增多,以及食物结构复杂化;形形色色的食品添加剂导致各类加工食品的花色品种不断增加;各类农药、兽药、化肥在现代集约化农业生产中的重要性日益上升;工业“三废”对环境及食品的污染机会不断增加;转基因等新资源食品不断涌现;农产品和加工食品中化学污染和物理污染的问题越来越突出;全球人畜共患疾病急剧上升,新的食源性疾病不断涌现;各类型的食品掺假、掺杂、伪造层出不穷,等等。这些现状都增添了新的饮食风险和不安全因素。因此,食品安全卫生问题越来越受到消费者和政府的高度重视。

若要衡量食品是否安全,必须了解不安全的因素以及相应的控制措施,这些都需要相应的检测手段。只有经过成分检验检测和安全性评价,才能得出食品是否存在不安全因素以及不安全的程度如何,才能认识引起食品不安全的内在因素,从而制定相应的控制措施。同时,检测、监测的过程也是对目前食品安全标准的校验,通过检测才能检验当前的食品安全标准是否能最大限度地保证食品安全,是否适应食品安全市场管理需求,是否能真正起到监管的作用。人们对食品安全的认识和对自身健康的关注以及整个行业的发展是无止境的,所以对食品安全检测技术的要求也日新月异。

(2)食品贸易全球化对食品安全检测提出了越来越高的要求 长期以来,发达国家凭借先进的技术水平、完善的法律法规和较高的生活水准,实行农业贸易保护主义,对发展中国家的出口产品提出了越来越高的要求。一些发达国家正在充分利用《卫生和动植物检疫措施协定》(SPS)和《贸易技术壁垒协定》(TBT)规定的内容来设置贸易技术壁

全,制造贸易障碍。中国是农副产品进出口大国,一直以来我国的一些强势出口食品,如:肉类、蔬菜、水果、水产品和加工食品等,都屡屡受到进口国的反倾销制裁。近90%的农产品出口企业在不同程度上受到影响,其中食品安全问题是最为主要的原因。早在1980年,我国的中草药就遭到美国食品与药品管理局(FDA)的限制和禁止。从1996年起,我国禽肉及贝类产品因不符合欧盟卫生检疫标准而多次被禁止进入欧盟市场。从1998年开始,美国、加拿大和欧盟等单方面对我国出口商品的木质包装进行严格的检疫处理或实施新的苛刻的检疫标准,其中仅要求木质包装经过熏蒸处理这个环节,就增加出口成本20%左右。从2000年起,欧盟又对我国出口茶叶的农药残留量进行限制。2006年,日本开始实施食品中农业化学品残留限量新标准。2007年,欧盟更新了茶叶农药残留新标准,更新后的欧盟及德国农残标准共计227项,其中207项是目前仪器最低检测限量,占91.2%。这些对我国正常的农产品出口贸易产生严重影响,使我国在国际贸易中处于极其不利的地位。

目前,发达国家仍然针对食品安全在不断升级产品检验标准,出口产品的各种检测项目越来越多,检测限量越来越严格,检测手段要求越来越高,食品贸易竞争日趋激烈。如目前我国的大米出口,遭到了日本、韩国、利比亚、伊拉克等国100多项农药残留指标的限制,经济损失难以统计。因此,我国要想突破发达国家以质量、卫生和技术标准等为借口的技术性贸易壁垒,采取先进的技术标准措施,不断改进和提高样品前处理技术、分析检测技术和仪器设备,是最有效的应对方法之一。

(3)食品危害残留物质本身的特点决定了食品安全检测样品前处理技术和检测技术要求必须不断提高。由于食品种类繁多,基体组成非常复杂,被分析目标物质处于痕量状态,极易受到干扰,目标化合物的限量要求越来越严格。在基体十分复杂的动植物产品和加工产品中检测几十种甚至上百种有毒有害残留物或污染物的组成,且各目标化合物的性质(如极性、沸点、热稳定性)差异很大,其含量又极低,因此,为了防止样品基体组成的信号掩蔽痕量被测物和污染仪器,必须将大多数基体组成复杂的样品进行前处理,通过前处理把被测物质从基体中分离出来,经过浓缩后再进行分析。这些检测对前处理技术和分析技术、仪器设备的要求都越来越高。据统计,测试领域对仪器和方法的检出限平均每5年下降一个数量级。如农药及相关化学品残留量的检测技术已从气相色谱、液相色谱、气相色谱-质谱联用,到目前的液相色谱-串联质谱联用检测。

(4)新形势下的食品安全问题对现场快速检测的需求越来越强。解决食品安全的最好办法是尽早地发现问题,将其消灭在萌芽状态。而要达到这个目的,能在现场快速检测确定食品中有害物质含量的技术、方法和仪器是必不可少的。现代食品安全需要对食品及原料在生产流通的每个环节中都进行监督检测。而传统检测方法,其准确性、灵敏度较高,但设备贵重,操作繁琐,需要时间较长,很难在食品的生产、加工和流通的全过程中使用。因此近年来一些快速、简便、敏感、准确、省成本、能进行现场检测的快速检测技术被越来越多地运用到食品安全检测中。尽管现场快速检测由于灵敏度和特异性方面的限制,不能作为判定样品安全性的最终依据,但作为发现问题的第一步,具有不可替代的作用。既可以满足监管部门日常监管工作所需,又可以在执法过程中,现场对一些食品不安全因素进行检测,这样可以大大增加执法的公信力,并可对食源性疾病起到预防的作用。

就我国目前的现状分析,要在原料的养殖或种植基地、农副产品批发市场、超市等食品零售网点进行食品安全监督,以及经营商自身管理,都需要现场抽样和快速检测。另外,不法食品经营者以假乱真、以次充好,对食品进行掺假、掺杂、伪造的现象非常严重,假冒伪劣食品涉及的品种之多、形式之多,令人触目惊心!因此,快速鉴别食品的真伪优劣成了目前食品安全管理的重点和难点。由于现在的食品掺伪水平和手段越来越高明,掺到食品中的物质与其组成非常接近,很难用一般化学方法和传统检测手段进行鉴别,因此,食品安全检测领域急需借助分子生物学和生物技术及边缘学科新技术的发展,建立快速、准确的食品安全检测鉴别技术。

总体分析,各个国家都十分重视食品安全的检测,特别是对进口的农产品、食品进行严格检验。如何应用快速、准确的现代检测技术的新理论、新技术和新发展来鉴别鱼目混珠、掺假制假现象,建设快速准确的食品及原料检测鉴别平台和建立相应的检测及标准体系,为我国的食品安全工作提供强有力的科技后盾,具有重要而深远的意义。

“十一五”期间,我国重点从关键检测技术、风险评估技术、关键控制技术等方面进行攻关研究,在食源性危害检测技术方面已有了一定的基础,可以预见,随着国家对食品安全问题的重视和整体科技的发展,食品安全检测技术在未来将有更快的发展。

1.3 食品安全检验检测的主要内容及特点

食品安全检验检测的主要内容包括生物性污染、化学性污染、生物毒素、放射性污染和现代生物技术危害等,这也是国际社会普遍关注的。食品安全检验检测的基本特点是目标产物的种类越来越多,残留限量越来越严格,对食品安全检测样品前处理技术和检验技术都提出了越来越高的要求。

1.3.1 生物性污染

生物性污染是指微生物、寄生虫、昆虫等生物对食品的污染。在食品加工、储存、运输、销售直到食用的整个过程中,每一个环节都有可能被微生物污染。病原微生物大量繁殖,人类食用后极易发生疾病。

(1)细菌性污染 就国内外发生的食品安全事件分析,致病细菌性污染是涉及面最广、影响最大、发病率最高的一种污染。细菌性食物中毒的患者一般表现有明显的胃肠炎症状,其中腹痛、腹泻最为常见。由病死牲畜肉、变质动物性食品和蛋类引起食品沙门菌中毒,是食源性疾病发生率最高的一种,中毒者会在进食后短期内出现急性胃肠炎症状,如恶心、频繁性呕吐、腹痛、腹泻,重者可发生高热、脱水、昏迷、抽搐,甚至死亡;大肠杆菌在正常人的肠道内存在,一般情况下不致病,但食用被该菌污染的食物时就会致病,大肠杆菌进入胃肠后继续繁殖,使患者发生呕吐、恶心、腹痛、腹泻等症状,引起胃肠黏膜充血、水肿等病变;金黄色葡萄球菌普遍存在于自然界中,正常人粪便中也可分离出此菌,金黄色葡萄球菌繁殖产生肠毒素常见于陈置米饭、淀粉类食品与奶制品,中毒者表现出反复呕吐、剧烈腹痛等症状;肉毒杆菌食物中毒多由食用含有肉毒杆菌外毒素污染的食物而发生,此菌普遍存在于土壤、家畜粪便中,也可附着在水果、蔬菜、罐头、火腿、膜肠肉里大量繁殖而产生外毒素,肉毒毒素主要侵犯神经系统,中毒者会产生复视、肌肉麻

痹、呼吸困难等症状,并伴有脑水肿和脑充血,成人致死量为 0.01 mg。

(2) 真菌性污染 真菌在自然界中广泛存在,有些真菌被广泛应用在食品工业中,如酿酒、制酱、面包制造等,但有些真菌也通过食品给人体健康造成危害。真菌产生的毒素致病性强,如黄曲霉可产生黄曲霉毒素;米曲霉可产生 3-硝基丙酸、曲酸、圆弧偶氮酸等。真菌性污染问题也应引起人们的高度重视。

(3) 病毒性污染 “口蹄疫”、“疯牛病”、“禽流感”等为典型病毒性传染病,人类食用了含有这类病毒的食物后,会产生人畜共患病。从 1995 年到 2000 年 10 月,英国已经确证了与疯牛病感染有关的“新变异型克雅病”70 余例,平均每年约 15 例患者。种种迹象表明,备受全球关注的疯牛病及其引发的后果的控制还有大量的工作要做。

(4) 寄生虫 目前生吃水产品甚至一些其他动物的行为在部分地区较普遍,这使得人们患寄生虫病的危险性大大增加,部分地区的食物源性寄生虫发病率也逐年增加。

1.3.2 化学性污染

我国食品的化学性污染主要是农药和兽药残留、重金属、食品添加剂、食品加工储藏条件不当产生的有毒有害物质等。

(1) 农药和兽药残留 我国是农药生产和使用大国,农药的使用使我国挽回约 15% 的农产品损失,但农药的大量使用在促进农业发展的同时,也带来了负面影响。施药量和施药次数不断增加,尤其是超量和违规使用,有毒或剧毒农药的污染和残留已严重威胁人类健康、破坏生态环境,造成病虫害的抗药性日益增强。全世界每年约有 200 万人因农药污染而发病,4~22 万人因此而死亡。农药可通过皮肤、呼吸道和消化道三种途径进入人体。其中通过大气和饮用水进入人体的仅占 10%,而通过被污染的食物进入人体的要占 90%。当农药积累到一定量后,就会对机体产生明显的毒害作用。

农药的种类和摄入量不同,对人体健康的危害也不同。有机氯是我国最早大规模使用的农药,由于具有性质稳定、不易降解、高脂溶性,其影响至今没有消失。因此,我国从 1983 年开始禁止生产和使用。我国食品中有机氯农药残留水平较 20 世纪 70 年代有明显下降,但远远高于世界发达国家。有机磷农药是我国现阶段使用量最大的农药,在环境中降解快、残留低,一般认为在食品中残留较少,但在某些环境下残存期较长,在粮食和经济作物中存在残留超标现象,特别对生长周期短的蔬菜,有机磷农药残留超标现象突出。另外,氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类农药具有高效、低毒、低残留的特点,近年发展较快,但如果使用不当仍存在严重污染。

同样,为了预防和治疗家畜和养殖鱼患病而大量投入抗生素、磺胺类等化学药物,往往造成药物残留于食品动物组织中,国内外发生的因兽药残留不安全引起的消费者中毒事件,增加了消费者对所食用畜产品的担忧和关注。兽药残留既包括原药,也包括药物在动物体内的代谢产物。在食品中由于药物本身的副反应或耐药性细菌种群的增长,将增加潜在健康安全问题。近年,在我国由于“瘦肉精”(盐酸克伦特罗)兴奋剂可以使畜禽产生足够的瘦肉而被用在动物体内,从而使很多摄入残留“瘦肉精”的消费者引起中毒反应,产生心动过快,心慌,不由自主颤抖、双脚站不住,四肢肌肉颤动,头晕乏力等神经中枢中毒失控的现象,严重者甚至死亡。盐酸克伦特罗中毒潜伏期一般为 20 min 到 4 h,慢性特点会导致儿童性早熟。FDA/WHO 制定畜产品中盐酸克伦特罗的最高残留限量:

肉、肝脏、肾、脂肪和奶分别为 $0.2\ \mu\text{g}$ 、 $0.6\ \mu\text{g}$ 、 $0.6\ \mu\text{g}$ 、 $0.2\ \mu\text{g}$ 和 $0.05\ \mu\text{g}$ 。

(2) 重金属污染 金属污染是食品化学物质污染的重要内容之一,人们较早就对金属的食品安全性问题加以了重视。在食品污染领域,“重金属”这一概念和范围并不十分严格,一般是指对生物有显著毒性的元素(如铅、镉、汞、铬、锡、铜、锌、钡、锑、铊等)。其中,最引起人们关注的“重金属”是铅、镉、汞等。

有害金属进入人体后,多以原金属元素或金属离子形式存在,也有些可以转变为毒性更强的化合物。一次大剂量可引起急性中毒,但大多数属于低剂量长期摄入后在机体内蓄积造成的慢性食源性疾病。大多数是通过抑制酶系统的活性发挥毒性作用,酶蛋白形成活性的许多功能基团(如巯基、羟基、氨基、羧基等)都可以与重金属发生结合,使酶活性减低甚至丧失,产生不同程度的毒性损害。

食品中重金属的污染途径主要有三个方面:第一,工业“三废”的排放和农用投入品的使用,造成环境污染,并通过动植物的摄取造成污染;第二,自然环境的本底高,即有些地区自然地质条件特殊,因为地层有毒金属的高含量而使动植物有毒金属含量显著高于一般地区;第三,食品加工过程中所使用的金属机械、管道、容器以及因工艺需要加入的食品添加剂品质不纯,含有有毒金属杂质而污染食品。

(3) 食品中添加剂的超范围、超剂量使用 为了在加工、包装、运输、储藏过程中更好地保持食品的营养特性、感官特性,适当使用一些食品添加剂是必要的。现代工业社会,几乎所有的加工食品均含有或多或少的食品添加剂,但要求使用量控制在最低有效量的水平,否则,会给食品带来毒性,影响食品的安全性,危害人体健康。在我国,一些不法商家为了使产品的外观和品质达到很好的效果,往往超范围、超剂量的使用食品添加剂,更有甚者将非食品加工用的化学物质添加到食品中。如过氧化苯甲酰是国家允许在面粉中使用的食品添加剂,其最大使用量为 $0.06\ \text{g/kg}$,但一些面粉加工厂为了使面粉看起来更白,都增加了过氧化苯甲酰的使用量,这不仅会破坏面粉中的营养,导致面粉中的类胡萝卜素、叶黄素等天然成分丧失,而且过氧化苯甲酰水解后产生的苯甲酸,进入人体后要在肝脏内进行分解。长期过量食用后会对肝脏造成严重损害,极易加重肝脏负担,引发多种疾病。短期过量食用会使人产生恶性、头疼、神经衰弱等中毒现象。

(4) 食品加工、储藏和包装过程中产生的有毒有害物质 食品原料成分极其复杂,在高温、高压及其他物理化学因素的作用下发生复杂的物理化学变化,加工过程中产生的新物质是否有害、如何产生,仍是亟需解决的研究课题。目前特别受到关注的主要有丙烯酰胺、苯并[α]芘、氯丙醇、亚硝胺、杂环胺和反式脂肪酸等在食品加工过程中的产生及其危害,尤其是高温加工食品(烟熏、烘烤、油炸等)。

丙烯酰胺主要是马铃薯和谷类等食品原料中的天冬酰胺通过美拉德反应,经过高温($>121\ ^\circ\text{C}$)烹调后生产的,是一种神经毒素,可诱发癌变,同时可能导致基因损伤,其急性中毒剂量很低,毒性很大。苯并[α]芘对食品的污染主要来源于大气的污染和食物的烟熏、烧烤、油炸等加工过程,与胃癌、皮肤癌和肺癌等的发病率有关。如熏烟温度在 $400\sim 1\ 000\ ^\circ\text{C}$ 时,苯并[α]芘的生成量可随温度的升高而急剧增加,在对食物进行烧烤加工时,食物中所含的脂类化合物在高温下分解产生多环芳烃化合物,当油滴在滴入火中时,苯并[α]芘的含量增加。氯丙醇在各类食品加工储藏过程中均有可能产生,但目前关注最多的是酸水解蛋白及其相关产品,对人类造成多种潜在的危害,具有生殖毒性、神经毒

性,且能引起肾脏肿瘤,是确认的人类致癌物。亚硝胺在烟熏、腌制、霉变的食品中分布非常广泛,其产生途径比较复杂,是公认的致癌物质。传统的腌制咸鱼、泡菜、酸菜,都是有代表性的亚硝胺含量高的食物;而畜产品加工中广泛使用硝酸盐、亚硝酸盐作为发色剂(护色剂),给食品的安全性带来很大的问题。杂环胺主要是富含蛋白质的食物在烤、炸、煎过程中蛋白质、氨基酸热解产生的杂环芳胺化合物,具有较强的致突变危害。

此外,食品加工及储藏过程中使用的机械管道及包装材料也有可能将有毒物质带入食品中,如单体苯乙烯可从聚苯乙烯塑料进入食品;用荧光增白剂处理的纸包装食品,纸上残留的有毒胺类物质易污染食品。

(5)持久性有机污染物 持久性有机污染物(POPs)是指能够在各种环境介质(大气、水、生物体、土壤和沉淀物等)中长期存在,并能够通过环境介质(特别是大气、水、生物体)远距离迁移以及通过食物链富集,进而对人体健康和生态环境产生严重危害的天然或人工合成的有机污染物。

POPs 种类较多,来源极为广泛,一般都具有毒性,包括致癌性、致突变性、致畸性、神经毒性、内分泌干扰性、致免疫功能减退性等,严重危害生物体的健康与安全。由于其持久性,很难降解,因此危害作用可持续很长的时间。特别是 POPs 大多是强亲脂且憎水的复杂有机卤化物,能够在生物器官的脂肪组织内富集,并沿着食物链逐级放大,从而对处于最高营养级的人类健康造成严重的威胁或潜在性危害。如来源于垃圾焚烧的二噁英就是一类非常稳定的亲脂性固体有机化合物,极难溶于水,可溶于大部分有机溶剂,容易在生物体内积累,具有明显的免疫毒性,干扰机体的内分泌,也是国际确定的 I 类人类致癌物。

1.3.3 生物毒素

生物毒素是指生物或微生物在其生长繁殖过程中,在一定条件下产生的对其他生物物种有毒害作用并不可复制的化学物质,也称为天然毒素,是目前极为重视的安全问题。已知化学结构的生物毒素有数千种,依据来源把生物毒素分为动物毒素、植物毒素和微生物毒素。

(1)动物毒素 动物毒素大多是有毒动物毒腺制造的,并以毒液形式注入其他动物体内的蛋白类化合物,如蛇毒、蜂毒、蝎毒、蜘蛛毒、蜈蚣毒、蚁毒、河豚毒、章鱼毒、沙蚕毒等,以及由海洋动物产生的扇贝毒素、石房蛤毒素、海兔毒素等。动物毒素对人与动物有毒害作用,但也有一定药用价值,是农药开发的潜在资源。根据沙蚕毒的化学结构,已合成出杀虫剂类似物如杀螟丹、杀虫双、杀虫环等,并已大量生产应用。

目前,由陆生动物毒素引起的食物中毒事件相对较少;而有毒的或能分泌毒液的海洋生物种类较多,从而引起食物中毒的现象较多。由海洋动物引起的中毒主要有两大类:鱼类中毒(含有毒组织的鱼类所引起)和贝壳类中毒(不洁水质区生长的贝壳类所引起),分别称之为鱼毒素中毒和麻痹性贝壳中毒。

(2)植物毒素 植物毒素又称有毒性植物代谢物,主要是含毒植物(有花植物)中的毒素,有的毒素在植物的刺毛或汁液中,按其致毒成分分为酚类化合物、生物碱、萜类化合物以及酶、多肽和蛋白质等。

酚类及其衍生物在植物性原料中广泛存在,包括简单酚类、鞣质、黄酮、异黄酮、香豆