



SHIPIN ANQUAN ZHONG DE
HUAXUE WEIHAIWU
JIANCE YU KONGZHI

食品安全中的 化学危害物

——检测与控制

陈卫华 王凤忠 主编



食品安全中的 化学危害物 ——检测与控制

陈卫华 王凤忠 主编



化学工业出版社

·北京·

本书结合近几年国内外的研究文献及相关食品安全标准,对中国食品安全的形势、化学性污染的途径、食品污染物限量标准等进行了简单介绍,重点阐述了加工过程中产生的危害物、包装材料中的危害物、环境污染物、兽药残留、生物毒素、农用化学品残留、非法添加物的来源、法规限量、毒理危害、风险评估以及检测方法等,并结合近年来发生的重大食品安全事件进行了深入的分析。

本书可供食品行业科研人员和企业监测人员使用,也可供高等院校食品相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

食品安全中的化学危害物: 检测与控制/陈卫华, 王凤忠主编. —北京: 化学工业出版社, 2017. 2

ISBN 978-7-122-28797-7

I. ①食… II. ①陈…②王… III. ①食品卫生-监测 IV. ①R155

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 321390 号

责任编辑: 张 艳 刘 军

装帧设计: 关 飞

责任校对: 宋 玮

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市胜利装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 312 千字 2017 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员名单

主 编：陈卫华 王凤忠

副 主 编：贾金龙

参编人员：尚玉婷 贺永桓 许 岩 贺小亮

王擎龙 郑舒文 叶孟亮 姜奕晨

前言

由于化学污染而带来的危害是多方面的，其中，化学对食品的污染与人类健康直接相关。食品污染物是指食品在生产（包括农作物种植和动物饲养、兽医治疗）、加工、包装和贮运过程中非故意加入食品中的物质，包括环境污染和生产加工过程中产生的（如各类生物毒素）。其中由于化学有机污染物的慢性长期摄入造成的潜在食源性危害已成为人们关注的焦点，包括农药残留、兽药残留、霉菌毒素、食品加工过程中形成的某些致癌和致突变物（如亚硝胺等）以及工业污染物，如人们所熟知的二噁英等。上述化学物质在与食品接触时对食品形成污染，伴随着整个食品加工、运输和消费的全过程，最终会在食物链的顶端——人体内进行富集，对人体健康产生危害。宽泛的食品化学污染物（chemical contamination），种类多、范围广，本书以人体健康为标准，其中会对人体健康造成危害的食品化学污染物可以定义为食品化学危害物（chemical hazards）。

近年来，环境内分泌干扰物对人体的危害也非常严重，现已被证实为内分泌干扰物的环境化学物质达数百种之多，可来自天然和人工合成化学品，包括烷基酚类、二噁英及来自塑料和食品包装材料的邻苯甲酸酯类等。人为污染来源包括农药、染料、洗涤剂、塑料制品原料、食品添加剂等。另外，化学农药的大量使用能够对大气和水源造成污染。有些物质还会在环境中持久存在并可以通过食物链在生态系统中产生生物放大效应。除了农药残留之外，在动物饲养过程中，为预防和治疗动物疾病所使用的兽药也会造成兽药残留问题。其中首先被关注的是抗微生物制剂，如抗生素青霉素类、四环素类等，它们的潜在危害使人们在治疗疾病时产生抗药性、肠道菌群失调，出现过敏症状以及其他毒副作用，如氯霉素可以造成再生障碍性贫血等。

本书针对目前食品加工过程中产生的化学危害物进行阐述，对各类化学危害物的来源、法规限量、毒理危害、风险评估以及检测方法进行了深入的分析。本书由陈卫华、贾金龙提出编写提纲，全书一共8章，其中第1、4章由尚玉婷撰

写，第2章由郑舒文撰写，第3章由贺小亮撰写，第5章由许岩撰写，第6章由王擎龙撰写，第7章由叶孟亮撰写，第8章由贺永桓撰写，全书最后由陈卫华、王凤忠统稿。姜奕晨做了大量的录入编校及图片编排工作，在此表示真诚的感谢。

由于时间有限及编者水平和所掌握的资料有限，疏漏和不当之处在所难免，敬请专家、读者给予批评指正。

编者

2016年10月

目 录

第 1 章 绪论 / 1

1.1	中国食品安全的形势	1
1.2	食品中的主要污染物	6
1.2.1	生物性污染	7
1.2.2	化学性污染	8
1.2.3	物理性污染	8
1.3	食品中化学性污染途径及现状分析	9
1.4	我国食品污染物限量标准	13
1.4.1	我国食品污染限量标准主要内容	13
1.4.2	与国际食品法典标准相比较	14
	参考文献	17

第 2 章 加工过程中产生的危害物 / 18

2.1	概述	18
2.1.1	加工过程中产生的危害物的种类	18
2.1.2	加工过程中产生的危害物的危害	19
2.1.3	加工过程中产生危害物的国内外现状分析	20
2.1.4	加工过程中产生危害物的控制措施	21
2.2	呔喃	22
2.3	氯丙醇	25
2.4	反式脂肪酸	28

2.5	稠环芳烃	31
2.6	氨基甲酸乙酯	35
2.7	亚硝基类化合物	38
	参考文献	41

» 第3章 包装材料中的危害物 / 43

3.1	概述	43
3.1.1	不同包装材料及其危害物	43
3.1.2	国内外关注的包装材料危害物	45
3.2	双酚 A	46
3.3	塑化剂	52
3.4	纳米颗粒	58
	参考文献	64

» 第4章 环境污染物 / 69

4.1	概述	69
4.1.1	环境污染物进入食品的途径	69
4.1.2	环境污染物对食品安全的危害	71
4.1.3	国内外环境污染物对食品安全的危害现状及措施分析	72
4.1.4	食品中环境污染物的防控措施	73
4.2	食品中重金属污染	75
4.2.1	食品中重金属污染现状分析	75
4.2.2	食品中铅的污染	75
4.2.3	食品中汞的污染	79
4.2.4	食品中砷的污染	82
4.2.5	食品中镉的污染	84
4.2.6	食品中铝的污染	87
4.2.7	食品中铬的污染	89
4.2.8	食品中重金属的检测方法	91
4.3	食品中多氯联苯的污染	94

4.4 食品中二噁英的污染	99
参考文献	102

第5章 兽药残留 / 104

5.1 概述	104
5.1.1 兽药残留产生的原因	104
5.1.2 兽药残留的危害	105
5.1.3 兽药残留的国内外现状分析	106
5.1.4 兽药残留的控制措施	107
5.2 动物源食品中的金刚烷胺	109
5.3 动物源食品中的四环素类	115
5.4 动物源食品中的 β -内酰胺类	121
5.5 动物源食品中的大环内酯类	128
参考文献	134

第6章 生物毒素 / 139

6.1 概述	139
6.1.1 生物毒素的分类及其多样性	139
6.1.2 食品中生物毒素的危害	141
6.1.3 食品中生物毒素的研究现状	142
6.2 细菌毒素	143
6.2.1 细菌毒素概述	143
6.2.2 内毒素	145
6.2.3 大肠杆菌耐热肠毒素	146
6.2.4 食品中细菌毒素的预防与检测	147
6.3 植物毒素	151
6.3.1 植物毒素概述	151
6.3.2 生物碱	152
6.3.3 苷类	154
6.3.4 蘑菇毒素	156

6.3.5	黄樟素	161
6.3.6	食品中植物毒素的预防与检测	162
6.4	海洋生物毒素	164
6.4.1	海洋生物毒素概述	164
6.4.2	河豚毒素	165
6.4.3	西加毒素	165
6.4.4	贝类毒素	167
6.4.5	食品中海洋生物毒素的预防与检测	171
	参考文献	173

第7章 农用化学品残留 / 177

7.1	概述	177
7.1.1	农药残留产生的原因	178
7.1.2	农药残留的危害	178
7.1.3	农药残留的国内外现状分析	179
7.1.4	农药残留的控制措施	183
7.2	禁限用农药	185
7.2.1	禁限用农药名单	185
7.2.2	禁限用农药禁而不止的原因	186
7.2.3	禁限用农药的治理途径	186
7.3	生物农药	187
7.3.1	生物农药分类	188
7.3.2	生物农药的应用	189
7.3.3	我国生物农药研究中存在的主要问题及对策	190
7.4	亚乙基硫脲	191
7.5	植物源食品中的农药残留的检测	196
7.6	植物源食品中的农药残留风险评估	204
	参考文献	209

8.1	概述	216
8.1.1	非法添加物的定义和种类	216
8.1.2	非法添加物国内外管控现状及存在问题	224
8.2	甲醛	224
8.3	吊白块	230
8.4	苏丹红	232
8.5	违禁药物添加	237
8.5.1	罂粟壳和罂粟籽	237
8.5.2	保健品中非法添加物	239
8.6	瘦肉精	240
	参考文献	247

第1章

绪论

1.1 中国食品安全的形势 >>>

食品污染是影响食品安全的主要问题。随着食品生产的工业化和新技术、新原料、新产品的采用,造成食品污染的因素也日趋复杂化,高速发展的工农业带来的环境污染问题波及食物,并引发一系列严重的食品污染事故。虽然我国食品安全总体向好,但是食品安全事件却仍然时有发生,比如海产品体内含“孔雀石绿”、苏丹红事件、“三聚氰胺”奶粉、“皮革奶”、“地沟油”、“瘦肉精”、老酸奶“工业明胶”、“毒豆芽”、塑化剂、“橡皮鸡蛋”、“僵尸肉”等,形成一次次食品安全问题的冲击波,引起人们对食品安全的重视(图1-1)。我国政府十分重视食品安全监管工作,自改革开放以来先后在1982年、2004年、2009年、2013年4次从国家层面上调整过食品安全监管体制,不断提高监管力度。2013年3月国务院重新组建了食品药品监督管理总局,部分地方政府还相继合并工商局、质监局和食药监局为市场监管局,增设了食品安全执法队伍。2015年10月颁布修订了《中华人民共和国食品安全法》,目前正在加紧修订《农产品质量安全法》和一系列食品安全国家标准,试图用最严谨的标准、最严格的监管、最严厉的处罚、最严肃的问责,确保广大人民群众“舌尖上的安全”^[1-3]。

从我国食物中毒情况方面分析,2006~2015年,无论是食物中毒报告起数还是食物中毒人数或食物中毒死亡人数都呈下降趋势。2006年全国食物中毒报告起数为596起,到2015年只有169起,报告起数下降了71.6%,平均每年下

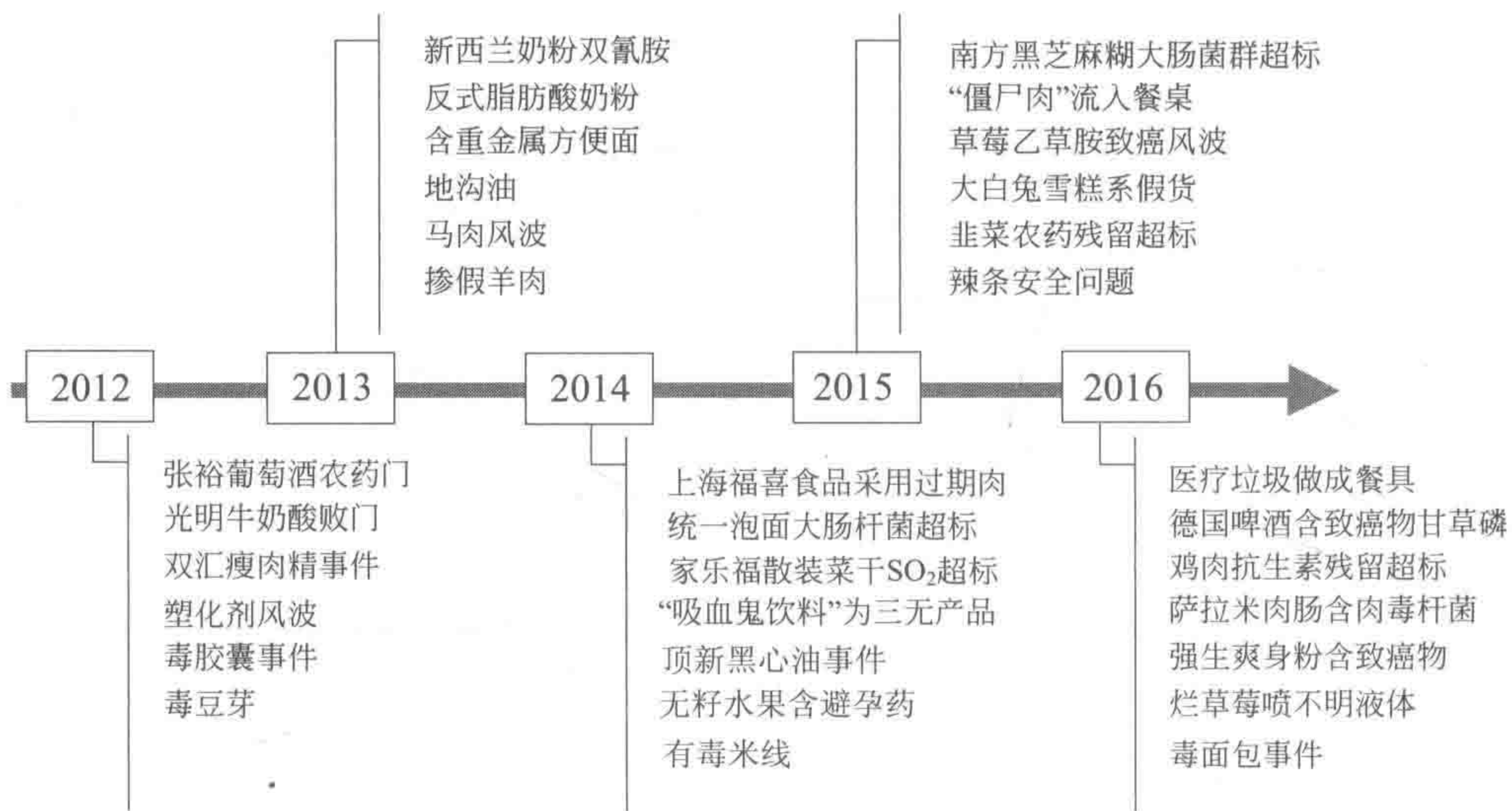


图 1-1 近几年的食品安全事件时间轴

降 48 起。2006 年全国食物中毒人数为 18063 人，到 2015 年为 5926 人，下降了 67.2%，平均每年全国食物中毒人数减少 1349 人。2006 年全国食物中毒死亡人数为 196 人，2015 年为 121 人，下降了 38.2%，平均每年全国食物中毒死亡人数减少 8 人。以上可以看出，从 2006 年到 2015 年，我国食品安全状况不是越来越差，而是越来越好（图 1-2）。

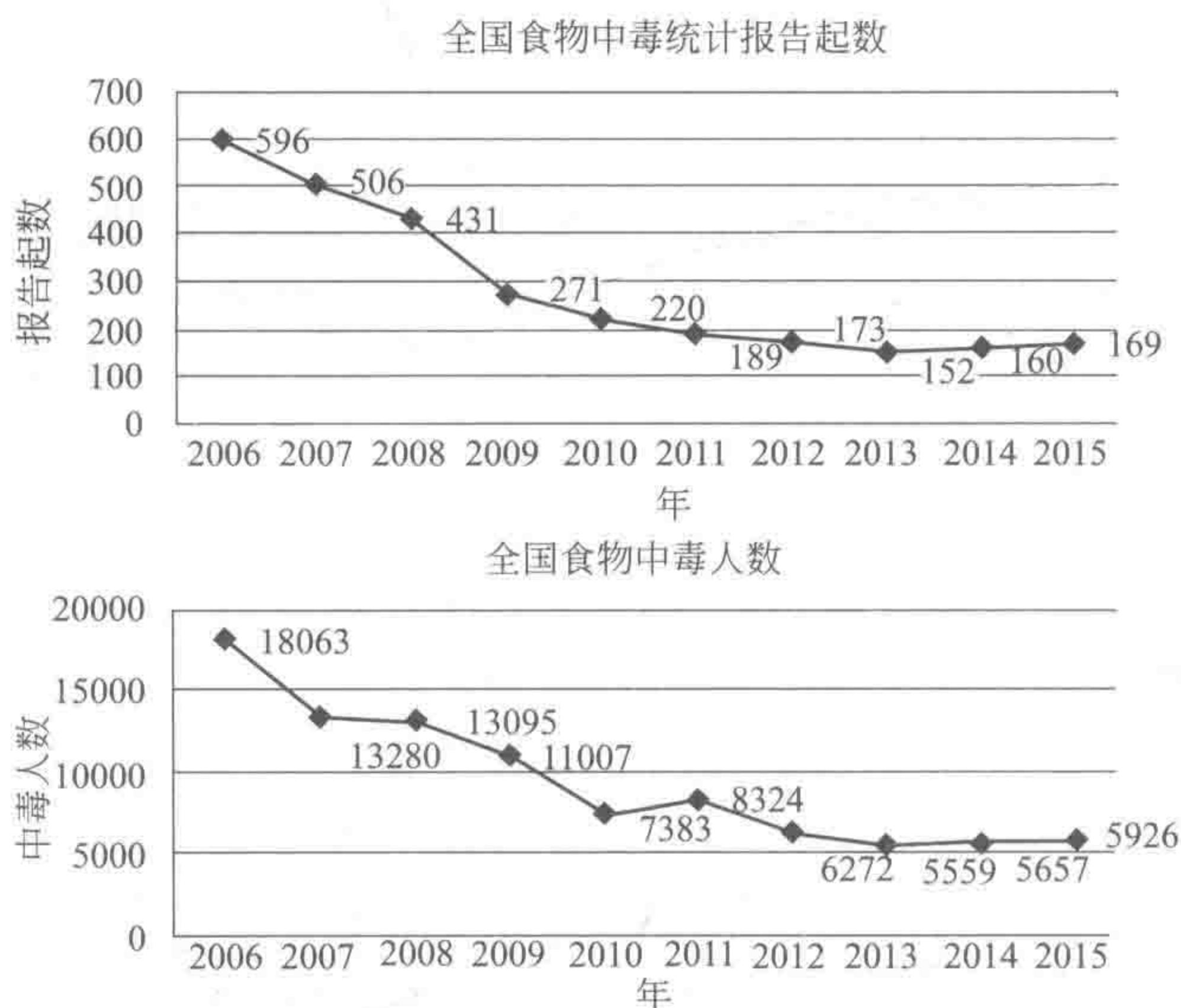




图 1-2 全国食物中毒统计及死亡人数趋势图（数据来源：国家卫生和计划生育委员会）

国家卫生和计划生育委员会把引起食物中毒和死亡的原因分为微生物性、化学性、有毒动植物及毒蘑菇和不明原因 4 大类。报告显示，2015 年微生物性食物中毒人数占全年食物中毒总人数的 53.7%。有毒动植物及毒蘑菇引起的食物中毒事件报告起数和死亡人数最多，分别占全年食物中毒事件总报告起数和总死亡人数的 40.2% 和 73.6%。与 2014 年相比，微生物性食物中毒事件的报告起数和中毒人数分别减少 16.2% 和 17.0%，死亡人数减少 3 人；化学性食物中毒事件的报告起数、中毒人数和死亡人数分别增加 64.3%、151.9% 和 37.5%；有毒动植物及毒蘑菇食物中毒事件报告起数、中毒人数和死亡人数分别增加 11.5%、34.0% 和 15.6%；不明原因或尚未查明原因的食物中毒事件的报告起数和中毒人数分别增加 23.5% 和 36.3%，死亡人数减少 4 人（图 1-3）。从近 6 年公布的食物中毒死亡人数来看，从 2010 年之后，引起食物中毒死亡的原因主要是有毒动植物及毒蘑菇。

对我国食品安全现状进行分析，主要包括如下几个方面。

(1) 更多新的食品原材料使用违禁农兽药

农药、兽药、化肥等农用化学品的大量使用，一直是导致食品原料安全问题的重要因素。比如 2016 年，深圳检验检疫局对一批货值约 3.3 万美元的不合格进口菲律宾香蕉实施集中销毁处理，原因就是此次进口菲律宾香蕉多菌灵超标；猪生病时被喂食添加了抗生素的饲料，导致猪肉中抗生素和重金属的超标；河南孟州等地养猪户将“瘦肉精”加入饲料喂养猪，生产“瘦肉精”猪肉。所有这些事件说明，新的农兽药会不断出现在市场上，必须采取有效措施加强管制。

(2) 食品添加剂和非法添加物滥用

食品添加剂和非法添加物滥用、超量使用、违规使用现象一直充斥着市场，近几年又接连发生了多起添加剂及非法添加物滥用事件。例如，2014 年山东查出的有毒有害腐竹，生产中加入了工业用硼砂、吊白块和乌洛托品，还过量加入食品添加剂焦亚硫酸钠；有些农村用工业硫黄、焦亚硫酸钠等化工原料熏制或浸泡加工

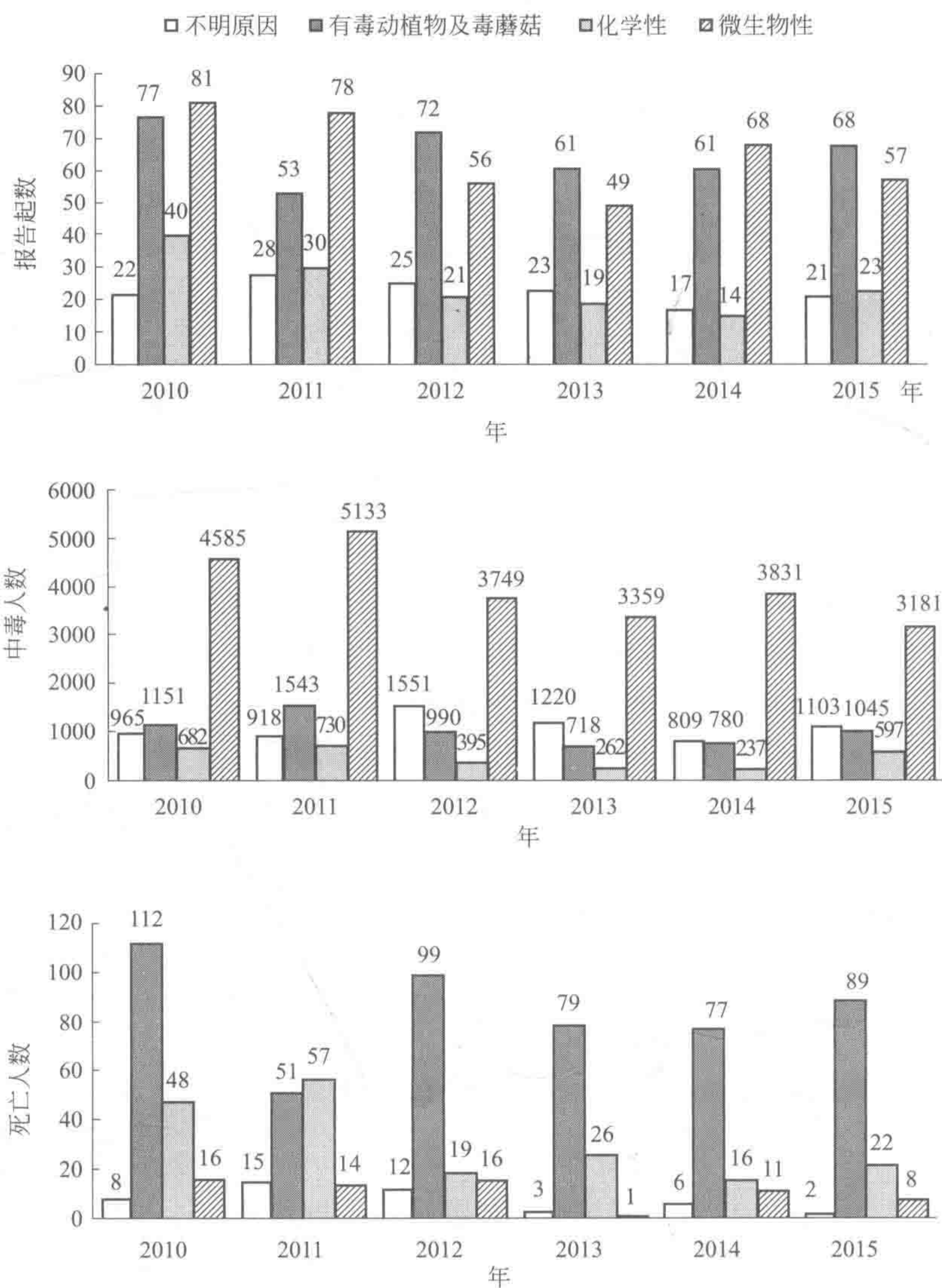


图 1-3 造成食物中毒的原因统计数据 (数据来源: 国家卫生和计划生育委员会)

鲜竹笋; 散装菜干被发现二氧化硫残留量超标; 市场上大量存在加明矾的粉条; 上海浦东区一些超市销售染色馒头。这些事件都说明不法商人为谋求利益, 还是会继续想各种办法不断使用非法添加剂和非法添加物生产食品, 国家必须及时制止。

(3) 新技术带来的新隐患以及民众相关知识缺乏

随着食品工业的迅速发展, 大量食品新资源、添加剂新品种、新型包装材料、新工艺, 以及现代生物技术、酶制剂等新技术的不断出现, 也造成了一个新

的食品安全问题。

(4) 风险交流是食品安全分析框架中的薄弱环节

所谓风险交流即风险沟通，是指风险评估者、管理者以及其他相关各方为了更好地理解风险及相关问题和决策，就风险及其相关因素相互交流信息。媒体的失实报道、民众对食品添加剂的以偏概全就是风险交流缺失的具体体现。例如，2014年一篇叫做《蘑菇还是少吃一点吧》的帖子被很多网友转发并引起广大市民的忧虑。该帖称“一名来自瑞士苏黎世大学研究真菌的博士表示，蘑菇对铅、汞等重金属的富集能力强，最多可达100多倍，食用蘑菇后，这些重金属会在肾小管内聚集，严重时甚至会引起肾小管坏死”。这一传言引发了市场蘑菇滞销，给农民带来了巨大的经济损失。

(5) 知名企业发生的食品安全事件越来越多

明一婴儿奶粉检出磺胺多辛；央视曝华义“大脚板”冰激凌用发霉瓜子仁制成；云南某企业10年卖3万吨地沟油；广药维C银翘片含剧毒砷汞残留；新西兰牛奶检出有毒物，而中国进口奶粉八成来自该国；“太子乐牌”金100益生菌婴儿配方奶粉和“摇篮牌”钙维健婴儿配方奶粉的两批次奶粉被检出含有致命病菌“阪崎肠杆菌”，死亡率高达50%以上；雅培的喜康宝配方奶粉中乳清蛋白与酪蛋白的最低比例低于3:2，新生儿食用过多的酪蛋白被证实会导致肠道出血、营养不良、腹泻及对肾脏功能造成很大的压力。从以上知名企业曾发生的食品安全事件可以看出，国家对知名企业食品安全的监管也不能放松，反而要更加严格。

对我国食品安全工作的开展情况进行分析发现，目前面临的形势主要包括如下几个方面。

(1) 没有高度重视细节问题

通常情况下，食品都是要经过一系列流程才可以供人们食用的，因此，必须对每个加工环节给以高度重视，才能真正保证食品的安全。目前，我国食品安全监管中，与农产品选种、土壤选种、灌溉剂量、农药等多个方面的规定不够完善，没有对细节问题给以足够的重视，使得各种食品安全问题层出不穷。一般情况下，食品安全工作的有效开展采用的是国家颁布的相关条例，其工作重点主要是食品的生产 and 消费两个环节，并没有对食品生产的其他环节给以严格规定，使得食品食用过程中出现各种安全问题。

(2) 食品安全标准不够明确

在企业的不断发展中，食品安全标准的合理制订，是企业经济效益不断增长

的重要保障。但很多情况下，我国食品安全标准都太过笼统，没有对重要内容给予高度强调，使得食品安全工作开展过程中出现安全标准不够明确的问题，给我国食品食用安全性带来一定影响。在实践中，国家、地方、行业和企业等制订的质量标准存在一定差异，使得相关机构在进行食品安全的界定时出现执法不确定情况。与此同时，食品安全的界定质量标准水平不够高，很多都是沿用的早期标准，使得食品安全工作开展过程中部分条例出现与实际情况不相符的情况，给相关法律体系和立法水平的完善与提高带来极大影响。

(3) 各部门执法不够协调

根据我国食品安全工作的开展情况来看，在实践中存在不协调情况，部分工作环节出现疏漏问题，并且各部门的食品安全标准存在一定差异，给食品安全实际工作带来一定困扰。因此，食品安全工作存在的连续性不够强、各部门执法存在的标准模糊等情况，大大增加了食品安全工作的难度，并降低了食品安全工作的整体效用，导致我国食品安全工作效率得不到有效提高。

(4) 相关机制没有得到有效落实

根据相关调查发现，我国食品安全工作存在执法不够严格、没有得到有效落实等各种问题，给食品安全工作有效开展带来了极大影响。首先，食品安全的预防机制不够健全，其次，没有制订合适的奖惩制度和考核机制，使得部分工作人员在实际执法过程中出现有法不依、徇私舞弊等情况，给食品安全监管体系完善和食品安全工作有效性等带来严重影响。

虽然我国食品安全的现状还不容乐观，但只要全社会团结一心，正确并科学地面对食品安全问题，相信在不久的将来我国将拥有一个健康、安全并且美味的食品环境。

1.2 食品中的主要污染物 >>>

食品污染是指人们食用的各种食品，如粮食、蔬菜、水果、鱼、肉、蛋等，在生产、加工、包装、储存、运输、销售和烹调等过程中，被某些有毒有害的物质所污染。在以上生产等环节中不经意地混入食品中的、外来的、不利于食品质量与卫生安全的物质，称为食品污染物。有害物质污染食品后，会造成各种危害，表现为：有的使食物变质，造成经济上的损失；有的使人食物中毒；有些危害是长期的、慢性的，如致癌、致畸、致突变及慢性中毒等^[4]。食品污染按污染物的性质可分为生物性污染物、化学性污染物、物理性污染物（图 1-4）。