

Food



普通高等教育“十三五”规划教材



食品安全学

纵伟 主编

张露 王茂增 副主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

食品安全学

纵 伟 主编

张 露 王茂增 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以食品安全的危害因素、评估方法、法规与管理体系三个方面为重点,分为三篇进行系统详尽介绍。主要包括食品原料固有危害、生物性污染危害、环境污染危害、化学物质危害、包装材料和容器对食品安全性的影响、加工食品的安全性、转基因食品的安全性、食品安全性评价、转基因食品的安全评价及检测方法、食品包装材料化学污染物检测方法、国内外法律法规、标准体系和控制体系共 13 章内容。

本书可作为高等院校食品科学与工程、食品质量与安全、包装工程、生物工程、生物技术等相关专业的教学用书,也可为在上述领域从事生产、科研和管理工作的科技人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品安全学/纵伟主编. —北京:化学工业出版社, 2016.5

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-26642-2

I. ①食… II. ①纵… III. ①食品安全-高等学校-教材 IV. ①TS201.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 062689 号

责任编辑:魏巍 赵玉清

文字编辑:周 侗

责任校对:王素芹

装帧设计:关 飞

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:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 505 千字 2016 年 7 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:39.80 元

版权所有 违者必究

前言

近年来,食品安全作为国家治理和社会发展的重大问题,其战略地位和重要意义不断被重申和提升。食品安全学已成为各本科、大专院校食品相关专业的核心专业课程。本教材以食品安全的危害因素、评估方法、法规与管理体系三个方面为重点,分为三篇进行系统详尽介绍。内容结合近年来食品安全学发展动态,引入新的知识点,例如在环境污染危害中,增加了放射性污染危害的论述,补充了有机有害物危害的内容,并系统介绍了包装材料污染物的检测方法,综合了国内外在食品安全评估、管理与法规体系方面的最新建设。本教材内容丰富、层次分明,有助于学生从风险来源、辨识、评估、管理逐步深入,全面了解食品安全学的知识体系。

全书共分十三章。郑州轻工业学院纵伟编写绪论;郑州轻工业学院张露编写第一、第二、第十三章;淮海工学院张敬敏编写第三、第六章;河北工程大学刘利强、王茂增编写第四、第十、第十一章;郑州轻工业学院董宇编写第五、第十二章;郑州轻工业学院高辉编写第七、第八、第九章。本书由郑州轻工业学院纵伟教授担任主编,郑州轻工业学院张露副教授、河北工程大学王茂增教授担任副主编。编写内容中有部分素材来自情报系统和网络资源,在此均对原作者致以深深的谢意。

限于我们的知识面和水平,书中不妥和疏漏在所难免,恳请使用单位师生和有关同行提出批评指正,以便进一步完善。

编者

2016年1月

目 录

绪 论 /1

一、食品安全的基本概念	1	四、食品安全学的研究目的和研究内容	4
二、食品安全的发展历史和现状	2	参考文献	5
三、食品安全面临的挑战	3		

第一篇 食品安全危害因素 /6

第一章 食品原料固有危害	6	四、原浆毒素	27
第一节 含天然有毒物质的植物性食物	6	参考文献	27
一、苷类	7	第二章 生物性污染危害	28
二、生物碱	10	第一节 细菌	28
三、有毒蛋白或复合蛋白	11	一、沙门氏菌	29
四、亚硝酸盐	13	二、致病性大肠杆菌及其肠毒素	29
五、酚及其衍生物	13	三、单核细胞增生李斯特氏菌	31
六、内酯、萜类	14	四、肉毒梭状芽孢杆菌及肉毒毒素	31
七、其他植物毒素	14	五、葡萄球菌	32
第二节 含天然有毒物质的动物性食物	16	六、副溶血性弧菌	32
一、动物肝脏	16	七、蜡样芽孢杆菌	33
二、河豚	16	八、空肠弯曲菌	34
三、含高组胺鱼类	17	九、志贺氏菌	34
四、蛤贝	18	十、变形杆菌	35
五、有毒蜂蜜	23	十一、布氏杆菌	35
六、螺类	23	十二、炭疽杆菌	36
七、海兔	23	十三、霍乱弧菌	37
八、含肉毒鱼毒素鱼类	24	第二节 真菌	38
九、动物甲状腺和肾上腺	24	一、霉菌毒素	38
十、鱼胆	24	二、防止真菌毒素污染食品的措施	46
第三节 蕈类毒素	24	第三节 病毒	48
一、肠胃毒素	25	一、禽流感病毒	48
二、神经、精神毒素	25	二、朊病毒	49
三、血液毒素	26	三、口蹄疫病毒	52

第四节 食源性寄生虫 53
 一、猪囊尾蚴 53
 二、溶组织内阿米巴 54
 三、旋毛虫 55
 四、隐孢子虫 55
 五、华支睾吸虫 56
 六、肺吸虫 57
 七、肉孢子虫 58
 八、蓝氏贾第鞭毛虫 59
 九、贝氏等孢球虫 59
 十、微孢子虫 59
 十一、人芽囊原虫 60
 十二、结肠小袋纤毛虫 60
 十三、刚地弓形虫 60
 十四、布氏姜片虫 61
 第五节 害虫 62
 一、甲虫 62
 二、蛾类 62
 三、蜚蠊 63
 四、书虱 63
 五、螨类 63
 第六节 藻类毒素 64
 一、甲藻类毒素 64
 二、蓝藻类毒素 65
 参考文献 66
 第三章 环境污染危害 68
 第一节 大气污染及对食品安全性的影响 68
 一、大气污染 68
 二、大气中常见污染物对食品安全性的影响 70
 第二节 水体污染及对食品安全性的影响 74
 一、水体污染物分类 74
 二、水体污染对食品安全性的影响 76
 第三节 土壤污染及对食品安全性的影响 79
 一、土壤污染 80
 二、土壤污染对食品安全性的影响 82
 第四节 放射性物质对食品安全性的影响 87
 一、食品中放射性物质的来源 87
 二、易污染食品的放射性核素 88
 三、放射性污染对食品安全性的影响 89

四、放射性污染的危害及控制措施 90
 参考文献 91
 第四章 化学物质危害 92
 第一节 药物残留 92
 一、农药残留 92
 二、兽药残留 96
 第二节 食品添加剂 98
 一、食品添加剂的定义与使用原则 98
 二、食品添加剂存在的卫生问题 99
 三、违禁非食用物质添加剂 100
 第三节 金属污染 101
 一、重金属污染的来源 101
 二、重金属的危害 102
 三、汞 102
 四、铅 103
 五、砷 104
 六、镉 104
 七、其他重金属 105
 八、减少食品重金属污染的措施 106
 第四节 有害有机物的危害 107
 一、硝酸盐、亚硝酸盐与 N-亚硝基化合物 107
 二、多氯联苯 111
 三、二噁英 113
 四、丙烯酰胺 115
 五、多环芳烃 116
 六、氯丙醇和氯丙醇酯 121
 参考文献 124
 第五章 包装材料和容器对食品安全性的影响 125
 第一节 概述 125
 一、食品包装的定义 125
 二、食品包装的功能 125
 三、食品包装的分类 126
 四、食品包装的安全与卫生 127
 第二节 塑料包装材料及其制品的食品安全性 128
 一、塑料包装材料及其制品的组成、分类及包装性能 128
 二、塑料包装材料及其制品的安全性 132

三、塑料包装材料及其制品的管理	136	六、掺假、伪劣和非食用物质的恶意 添加	155
第三节 橡胶制品的食品安全性	137	第二节 调味品	155
一、橡胶分类	138	一、酱油	155
二、橡胶制品安全性	138	二、食醋	157
三、橡胶制品卫生标准	139	三、味精	158
第四节 纸和纸板包装材料的食品 安全性	139	第三节 酒类	158
一、纸和纸板包装材料的分类	140	一、酿造酒	159
二、纸和纸板包装材料的安全性	142	二、蒸馏酒	161
三、纸和纸板包装材料的管理	144	三、配制酒	163
第五节 金属、玻璃、搪瓷和陶瓷包装材料 及其制品的食品安全性	144	第四节 非热力加工食品的安全性	163
一、金属、玻璃、搪瓷和陶瓷包装材料及其 制品的组成、分类及包装性能	144	一、超高压食品	164
二、金属、玻璃、搪瓷和陶瓷包装材料及其 制品的安全性	146	二、辐照食品	165
三、金属、玻璃、搪瓷和陶瓷包装材料及其 制品的管理	148	第五节 其他加工食品的安全性	168
第六节 复合包装材料的食品安全性	148	一、肉制品	168
一、复合包装材料的组成、分类及包装 性能	149	二、乳制品	170
二、复合包装材料的安全性	149	三、水产品	173
三、复合包装材料的管理	149	四、谷物制品	174
参考文献	150	参考文献	176
第六章 加工食品的安全性	151	第七章 转基因食品的安全性	177
第一节 油脂和油炸食品	151	第一节 转基因食品概述	177
一、油脂中天然有害物质	151	一、转基因食品基础	179
二、真菌毒素	152	二、转基因技术在食品工业中的应用	183
三、化学污染	153	三、转基因食品的发展现状与发展 趋势	185
四、油脂酸败	153	第二节 转基因食品的安全性	187
五、油炸食品安全性问题	153	一、转基因食品安全问题的产生	187
		二、转基因食品潜在的安全问题	189
		三、转基因食品安全性的争论	191
		参考文献	191

第二篇 食品安全评价方法 / 192

第八章 食品安全性评价	192	五、纳米食品的安全性评价	204
第一节 食品安全性评价的发展历程	193	六、我国食品安全性毒理学评价	206
第二节 食品中危害成分的毒理学评价	194	第三节 食品安全性风险评估	212
一、食品毒理学及其安全性评价程序	195	一、风险评估的原则与原理	212
二、保健食品安全性毒理学评价	198	二、风险评估的应用	213
三、新资源食品安全性毒理学评价	200	参考文献	216
四、辐照食品安全性毒理学评价	202		

第九章 转基因食品的安全评价及检测方法..... 217

第一节 转基因食品的安全评价..... 218

一、评价转基因食品安全性的基本原则 219

二、转基因食品安全性评价的内容 221

第二节 转基因食品的检测方法..... 224

一、核酸检测技术 225

二、蛋白质检测技术 228

三、其他检测技术 229

第三节 转基因食品的安全性评价及加强转基因食品安全监管 230

参考文献 231

第十章 食品包装材料化学污染物检测方法..... 232

一、荧光染料的检测 232

二、多氯联苯的检测 235

三、酚的测定 247

四、甲醛的测定 249

五、可溶性有机物质的测定 252

六、挥发物的测定 253

七、聚苯乙烯塑料制品中苯乙烯的测定 253

八、聚氯乙烯塑料制品中氯乙烯的测定 255

参考文献 257

第三篇 食品安全法规与管理体系 / 258

第十一章 国内外法律法规..... 258

第一节 国外法律法规体系 258

一、美国食品安全法律制度 258

二、欧盟食品安全法律制度 260

三、日本的食品安全法律制度 262

第二节 国内法律法规体系 263

一、食品安全法律法规制定的依据 263

二、现行的食品卫生法律体系 264

三、食品法律法规制定的程序 267

四、现行食品安全法律法规 268

参考文献 273

第十二章 标准体系..... 275

第一节 国外食品安全标准体系..... 275

一、国际食品安全标准体系 275

二、欧盟食品安全标准体系 275

三、美国食品安全标准体系 276

四、日本食品安全标准体系 277

第二节 我国食品安全标准体系..... 278

一、我国现有的食品安全管理体系 278

二、我国现有食品标准体系存在的问题 285

第三节 食品安全标准 287

一、食品安全国家标准 287

二、食品安全地方标准 288

三、食品安全行业标准 290

四、食品安全企业标准 291

参考文献 291

第十三章 控制体系..... 292

第一节 重要操作规范 292

一、良好操作规范 292

二、良好农业规范 294

第二节 卫生标准操作程序 296

一、SSOP 概述 296

二、SSOP 的基本内容 296

第三节 危害分析与关键控制点体系 296

一、HACCP 概述 296

二、HACCP 原理 297

三、HACCP 在食品企业的建立和执行 298

第四节 ISO 22000 : 2005 302

一、ISO22000 概述..... 302

二、ISO22000 与 HACCP 的关系 302

第五节 食品安全追溯系统 303

一、食品安全追溯制度 303

二、全球统一标识系统 305

三、GS1 系统实施方案 306

参考文献 308

绪 论

随着世界工业化的高速发展,环境污染和食品污染问题日益加剧,食品安全事件频发已成为全世界的一大突出问题。国内外食品安全形势严峻,食品安全问题不仅向所有从业者和相关监督管理职能部门提出了迫切的要求,更事关全人类的福祉。

食品安全问题的产生与其自身属性及外部环境的变化密不可分,并且受到政府监管能力的影响。保障食品安全,必须从理论上充分认识到影响食品安全的多方面因素。要认识到食品安全事件频发的深层原因,建立保障食品安全的科学评价指标体系、组织机构、制度法规与管理体系,从而使中国的食品安全管理步入科学化、法制化的轨道。

一、食品安全的基本概念

食品安全包括食物量的安全(food security)和食物质的安全(food safety)两个方面,目前在已基本解决食物量的安全的前提下,食品安全更多情况下是后一个含义的突出,即食物质的安全。食品安全既包括生产安全,也包括经营安全;既包括结果安全,也包括过程安全;既包括现实安全,也包括未来安全。

1997年,世界卫生组织(WHO)在其发表的《加强国家级食品安全性计划指南》中把食品安全解释为“对食品按其原定用途进行制作和食用时不会使消费者身体受到伤害的一种担保”,将食品卫生界定为“为确保食品安全性和适用性在食物链的所有阶段必须采取的一切条件和措施”。根据世界卫生组织的定义,食品安全问题是“食物中有毒、有害物质对人体健康影响的公共卫生问题”。食品安全要求食品不存在对人体健康造成急性或慢性损害的危险,是一个绝对的概念。2015年10月1日新修订的《中华人民共和国食品安全法》开始实施,其第一百二十九条规定,“食品安全”是指食品无毒、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。

在食品安全概念的理解上,国际社会已经基本形成共识:即食品的种植(食物)、养殖、加工、包装、贮藏、运输、销售、消费等活动符合国家强制标准和要求,不存在可能损害或威胁人体健康的有毒有害物质致消费者病亡或者危及消费者及其后代的隐患。广义的食品安全则被引申到以下几个方面。

首先,食品安全是个综合概念。作为种概念,食品安全包括食品卫生、食品质量、食品营养等相关方面的内容和食品(食物)种植、养殖、加工、包装、贮藏、运输、销售、消费等环节。而作为属概念的食品卫生、食品质量、食品营养等(通常被理解为部门概念或者行业概念)均无法涵盖上述全部内容和全部环节,并且在内涵和外延上存在许多交叉。

其次,与卫生学、营养学、质量学等学科概念不同,食品安全是个社会治理概念。不同国家以及不同时期,食品安全所面临的突出问题和治理要求均有所不同。

第三,食品安全是个政治概念。无论是发达国家,还是发展中国家,食品安全都是企业和政府对社会最基本的责任和必须做出的承诺。食品安全与生存权紧密相连,具有唯一性和

强制性，通常属于政府保障或者政府强制的范畴。而食品质量等往往与发展权有关，具有层次性和选择性，通常属于商业选择或者政府倡导的范畴。近年来，国际社会逐步以食品安全的概念替代食品卫生、食品质量的概念，更加凸显了食品安全的政治责任。

第四，食品安全是个法律概念。进入 20 世纪 80 年代以来，一些国家以及有关国际组织从社会系统工程建设的角度出发，逐步以食品安全的综合立法替代卫生、质量、营养等要素立法。1990 年英国颁布了《食品安全法》，2000 年欧盟发表了具有指导意义的《食品安全白皮书》，2003 年日本制定了《食品安全基本法》。以我国为代表的部分发展中国家也制定了《食品安全法》。综合型的《食品安全法》逐步替代要素型的《食品卫生法》、《食品质量法》、《食品营养法》等，反映了时代发展的要求。

第五，食品安全是个经济学概念。在经济学上，“食品安全”指的是有足够的收入购买安全的食品。

二、食品安全的发展历史和现状

食品作为支撑人类生存最为基础的物品，其安全问题却从未像现在这样备受关注。随着食物和食品生产的机械化程度提高、规模化程度加大以及化学品和新技术的广泛使用，新的食品安全问题却不断涌现。食品安全问题已经成为全球关注的重大问题之一。据美国疾病预防控制中心公布的数据显示，每年大约有 4800 万名美国人（每 6 个美国人中就有 1 人）罹患食源性疾病，约有 12.8 万人住院，约有 3000 人因此死亡。在发展中国家，食品安全问题更为普遍，也更为严峻。每一起重大食品安全事故（事件）的发生，都在一定程度上客观反映了当时的食品安全状况和社会经济状况，并往往导致相应制度的重大变革。

回顾美国食品安全发展进程，总的趋势是从故意而为的制售假劣行为逐渐过渡到过失污染或者环境污染的意外事故。19 世纪末 20 世纪初，美国为促进经济快速发展，积极鼓励商业自由，导致了大量的假冒伪劣和欺诈行为，以药品和食品领域为甚。直至第二次世界大战之后，随着美国国际地位和经济实力大幅提升，国民素质提高，监管加强，恶意制售有害食品的行径逐渐收敛，意外污染成为食品安全事故的主要因素。

纵观日本食品安全发展进程，20 世纪 60 年代，随着工业技术和化工技术的发展，发生了故意使用有毒有害物质的恶性事件。20 世纪 70 年代则连续发生多起环境污染导致的食品安全公害事件，主要原因是工业快速发展导致环境污染所衍生的恶果。近二十年，日本发生的食品安全事故则多为意外污染导致，售卖过期食品、以次充好等问题仅偶有发生。

相比日本和美国，欧洲对于食品的相关立法和限制更严格。欧洲近三十年来发生的重大食品安全事件，主要是由动物疾病或者意外污染导致。例如几乎波及整个欧洲的疯牛病、口蹄疫、二噁英污染等重大食品安全事故，均属此类情况。近年来，受经济形势影响，欧洲部分国家也发生了回收过期食品再加工、变质肉冷冻后继续销售、制售假冒名牌奶酪、红酒、橄榄油等问题。

对于发展中国家，提高食品安全保障水平面临着经济、社会、政治、宗教等复杂因素。如印度、印度尼西亚，近些年来屡屡发生重大假酒中毒致多人死亡事件。以印度为例，官方政策导向限制酒的生产销售，并课以重税。由于正品酒价极高，庞大的低收入群体对低廉假劣酒需求旺盛，从而导致重大死伤事故频发。

纵观我国的食品安全发展进程，从新中国成立到 1990 年前后，处于逐步解决粮食匮乏问题的阶段。进入 21 世纪以来，我国已基本上实现了粮食和食品的自给，开始从强调数量供应转向质量安全。当前，我国仍处于农业工业化和食品工业化的快速发展时期，食品滥用

着色剂、香精、香料等添加剂，农产品滥用农药、兽药和生长激素的问题十分突出。

食品安全的发展伴随着食品安全法规和管理体系的构建。美国于1997年公布了《总统食品安全计划》，1998年组成了由多个政府部门参加的总统食品安全委员会。2000年欧盟发布了长达52页的食品安全白皮书，并成立了欧盟食品局。我国自2001年提出加强食品质量卫生安全的要求以来，制定实施了《食品卫生法》、《食品安全法》等法律法规，建立了食品安全认证体系。与此同时，各国都加强了从农场到餐桌的食品安全监控工作和对消费者的宣传教育工作，倡导由政府、食品企业、学术界和消费者共同保障食品安全的新型模式。

三、食品安全面临的挑战

如上所述，食品安全问题的产生与其自身属性、外部环境的变化密不可分，并且受到政府监管能力的影响。食品安全面临的挑战主要体现在以下几个方面。

（一）信任品特征属性比重的增加导致安全信息的不对称与不完全

食品安全最大的挑战来自食品自身的属性。根据消费者获取产品信息的方式，Nelson将产品分为三种类型，即搜寻品、经验品和信任品。对于搜寻品，消费者在购买之前即能完全了解产品的信息；对于经验品，消费者只有在购买后才能了解产品的真实信息；而对于信任品，即使在购买甚至消费后，消费者也不清楚产品的信息。就食品来说，部分特征具有搜寻品与经验品的属性，如外表、品味等，消费者在购买时或消费后便能做出合理的评判，但食品的安全状况却在很大程度上归属信任品的属性，即消费者在食用后，甚至很多年后都不清楚某种食品对健康所造成的影响。

食品安全的这一属性特征决定了食品安全信息获取的难度，造成了食品交易过程中的信息不完全。信息的不完全导致了低质量（不安全）产品的过度供给，一方面，在很多情况下，食品供给者与消费者之间存在着信息不对称，如生产方式、加工条件等与食品安全相关的信息生产者相对消费者认知更加充分，或者消费者难以通过较低的成本获得相关信息，在生产低质量食品成本更低的合理假设下，较易引发以利益最大化为目标的食物供应者道德危机的倾向，从而导致食品安全问题的产生；另一方面，除了信息不对称外，更为严重的是，在某些情况下食品安全信息对于生产者和消费者都是不完全的，如农产品农药残留或是食品在生产过程中非故意的污染，往往生产者或是加工者并不比消费者具有更充分的信息，这就更进一步增加了食品安全问题控制的难度。另外，随着食品产业、工艺以及技术的发展，食品深加工率越来越高，加工工艺越来越复杂，经过了一系列的物理及化学变化，单纯以感官辨别食品安全变得越来越不可靠，食品作为信任品的特征比重进一步增加，给食品安全的控制造成越来越大的挑战。

（二）外部环境变化使食品安全问题的发生面临更大的不确定性

20世纪以来，特别是第二次世界大战后，世界经济、政治以及科学技术发生了巨大的变化，对食品形态、食品产业以及农产品种植环境都造成了巨大的影响，也给食品安全带来前所未有的挑战。

首先，生物技术带来食品安全的不确定性。近年来，随着分子技术、基因技术领域的突破，生物技术得到快速发展，这对食品安全造成了巨大的挑战。以转基因技术为例，从1983年转基因烟草问世以来，转基因技术得到了迅速推广和发展。1996—2010年，全球转基因作物的种植面积增加了87倍。到2010年，全球29个国家的1540万农民种植了共1.48

亿公顷的转基因作物。然而,迄今为止的科学进展,并不能否定转基因食品长期风险的存在,各国因此也对转基因食品的规制采取不同的态度。

其次,外源技术对食品安全造成巨大冲击。外源技术即非自然的、环境难以消解的或消解后有污染的技术。例如利用生长素、化肥、农药等大量外源物质的投入催熟农作物,改变了动植物生长规律,污染了食品产业链条,对生态系统和人类均构成严重威胁。外源技术的使用和外源物质的加入是目前食品安全威胁的主要来源,发展中国家尤为严重。再次,自然环境、气候变化对食品安全造成影响。随着工业化进程的加速,全球生态环境遭到严重破坏,土地、水源、大气受到过度污染,直接影响了食品安全。此外,在过去的几十年,气候亦发生了明显的变化,如地表温度的上升等,也给粮食数量安全和食品安全带来了挑战。

最后,全球化产业链的复杂性也增加了食品安全控制的难度。对于发展中国家来说,全球化促进了工业的发展及城市化的进程,也给食品产业卫生及安全的加工能力带来了挑战。然而,发达国家有时也会成为食品安全问题的发源地,给世界食品安全形势造成冲击,如1996年暴发于英国的疯牛病等。

(三) 食品安全形势变化与监管能力的不匹配

食品安全监管法规与能力往往由食品安全事件推进。随着外界环境的变化,相应的食品安全规制与监管政策却往往滞后于现实需求。特别是对于发展中国家,应对食品安全的规制能力往往不能与食品安全形势变化相匹配,规制的不力与标准的缺失是造成发展中国家食品安全问题的主要原因之一。食品安全问题的诱因越来越呈现出多样性,虽然各国政府都加大监测与预警的力度,但还是难以控制食品安全问题的发生。因此,随着食品安全影响因素的日益复杂,规制的滞后与监管能力的不足将在一定程度上长期存在。

四、食品安全学的研究目的和研究内容

食品安全学是研究食物对人体健康危害的风险和保障食物无危害风险的科学。是一门专门探讨在食品加工、存贮、销售等过程中确保食品卫生及食用安全,降低疾病隐患,防范食物中毒的一个跨学科领域。食品安全关注的重点是接受食品的消费者的健康问题,而食品质量关注的重点则是食品本身的使用价值和性状。食品安全和食品质量的概念必须严格加以区分,因为这涉及相关政策的制定,以及食品管理体系的内容和构架。

食品安全在管理层面上属于公共安全问题,在科学层面上属于食品科学领域。如同食品科学一样,食品安全学不像数学、化学和物理学等学科界限十分清楚,学科内涵相对集中。食品安全学不仅包括了食品科学的内容,还包括了农学、医学、理学、管理学、法学和传媒学的内容,甚至与分子生物学也有一定的关系。因此,食品安全学的学科基础和学科体系相对较为宽广,学科的综合性也较强。

食品安全学的研究目的是保障人类健康,服务对象是人,因此它与医学领域的毒理学、公共营养与卫生学、药学学科有关。食品安全学的研究对象是食品,它与食品原料学、食品微生物学、食品化学、食品科学等密切相关。食品安全在社会层面上主要是管理问题,政府从事食品安全管理主要依靠法律法规,而食品安全执法又需要标准和检测技术及方法的支持,风险分析过程也需要管理学的理论,因此它又需要法学、管理学的支持。另外,由于公众的参与意识增强以及媒体的广泛参与,基于对食品安全事件增加透明度的原则,传媒学也已成为其重要的学科体系之一。

综上所述,食品安全学的学科体系涉及工学、农学、医学、理学、管理学、法学、传媒

学的内容,属于综合性较强的学科。食品安全学的理论基础由“从农田到餐桌”的整体管理理念、风险分析、透明性原则、法规效益评估四大理论体系构成。食品安全学的技术体系由风险评估技术、检测技术、溯源技术、预警技术、全程控制技术、规范和标准实施技术等技术体系所支撑。

参考文献

- [1] Hoffmann S, Harder W. Food Safety and Risk Governance in Globalized Markets [J]. Health Matrix, 2010, 20 (5): 5-54.
- [2] David L, Ortega H, Holly WANG, et al. Modeling heterogeneity in consumer preferences for select food safety attributes in China [J]. Food Policy, 2011, 36: 318-324.
- [3] Veeman M. Changing consumer demand for food regulation [J]. Canadian Journal of Agricultural Economics, 1999, 47 (4): 401-409.
- [4] Miraglia M, Marvin H J P, Kleter G A, et al. Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe [J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47: 1009-1021.
- [5] Nelson P. Information and consumer behavior [J]. Journal of Political Economy, 1970, 78: 311-329.
- [6] Selgrade J K, Bowman C C, Ladics G S. Safety Assessment of Biotechnology Products for Potential Risk of Food Allergy: Implications of New Research [J]. Toxicol Science, 2009, 110: 31-39.
- [7] 王常伟, 顾海英. 食品安全: 挑战、诉求与规制 [J]. 贵州社会科学, 2011, 280 (4): 148-154.
- [8] 魏益民, 徐俊, 安道昌等. 论食品安全学的理论基础与技术体系 [J]. 农产品加工·学刊, 2005, 10: 43-47.
- [9] 朱明春, 何植民, 蒋宇芝. 食品安全发展的阶段性及我国的应对策略 [J]. 中国行政管理, 2013, (2): 21-25.
- [10] 谢明勇, 陈绍军. 食品安全导论 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2009: 3-4.

第一篇

食品安全危害因素

第一章 食品原料固有危害

第一节 含天然有毒物质的植物性食物

含天然有毒物质的植物性食物，主要有以下几种类型：将天然含有有毒成分的植物或其加工制品当作食品（如桐油、大麻油等）；在加工过程中未能破坏或除去有毒成分的植物当作食品（如木薯、苦杏仁等）；在一定条件下，产生了大量有毒成分的可食的植物性食品（如发芽马铃薯等）。

植物的天然有害成分大多数是在其体内代谢过程中生成的，也有些植物可以富集某些化学成分而产生毒害作用。但受到外源性污染（如农药、微生物等）的植物不列为本章的讨论对象。有毒植物的种类很多，我国约有 1300 种，分别属于 140 个科。常见的植物性中毒食品及其所包含的有毒物质列于表 1-1。

表 1-1 常见的植物性中毒食品及其所包含的有毒物质

可能导致食物中毒的代表性植物	有毒物质
菜豆、大豆	皂苷、凝集素、胰蛋白酶抑制剂
苦杏仁、苦桃仁、木薯及其幼苗	氰苷
发芽马铃薯	茄碱
黄花菜	秋水仙碱
毒麦种子	毒麦碱、黑麦草碱、毒素灵
蓖麻籽(油)	蓖麻碱、蓖麻毒素
莨菪(曼陀罗)种子	莨菪碱、东莨菪碱
相思豆种子	相思豆毒蛋白、相思豆碱
桐油	桐酸、异桐酸
大(小)麻子油	四氢大麻酚、大麻二酚、大麻酚
粗制棉籽油	游离型棉酚
毒芹(全株)	毒芹素、毒芹碱、毒芹醇、毒芹醛
商陆(土人參)根	商陆毒素、商陆碱
苍耳(种子、芽)	苍耳苷、毒蛋白、生物碱
莽草	莽草亭
苦楝	苦楝素、苦楝萜酮内酯
甘草	甘草酸、甘草次酸
香蕉、鳄梨	血管活性胺

植物中天然有毒物质是指植物体本身产生的对食用者有毒害作用的成分。植物中天然有毒物质的摄入可不同程度地危害人体健康,降低食品的营养价值和影响风味品质,引起人的食物过敏和对食品的特异性反应,甚至危及生命安全。常见的植物性有毒物质主要有苷类、生物碱、有毒蛋白或复合蛋白、硝酸盐及亚硝酸盐、酶类植物毒素等。

一、苷类

苷类(glycoside)又称配糖体或糖苷。在植物中,糖分子(如葡萄糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸等)中的半缩醛羟基和非糖类化合物分子(如醇类、酚类、甾醇类等)中的羟基脱水缩合而成具有环状缩醛结构的化合物,称为苷。苷类大多为带色晶体,易溶于水和乙醇,而且易被酸或酶水解为糖和苷元。由于苷元的化学结构不同,苷的种类也有多种,如皂苷、氰苷、芥子苷、黄酮苷、强心苷等。它们广泛分布于植物的根、茎、叶、花和果实中。其中皂苷和氰苷、芥子苷等常引起人的食物中毒。

(一) 皂苷

皂苷(saponins)是类固醇或三萜系化合物的低聚配糖体的总称,广泛存在于自然界,一半以上的植物中含有皂苷,海洋生物如海星等中也含皂苷。它是由皂苷配基通过 3β -羟基($C3-OH$)与低聚糖缩合而成的糖苷。组成皂苷的糖,常见的有葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸。这些糖或糖醛酸先结合成低聚糖糖链再与皂苷配基结合。根据其化学结构可分为三萜皂苷(由三萜通过碳氧键与糖链相连)和甾体皂苷(甾体通过碳氧键与糖链相连)两大类。三萜皂苷在豆科、五加科、伞形花科、报春花科、葫芦科等植物中比较普遍,药用植物中含三萜皂苷类的有人参、甘草、牛膝、远志、黄芪、续断、旋花、地肤子、沙参、王不留行、酸枣和大枣。甾体皂苷类主要存在于单子叶植物百合科的丝兰属、知母属、菝葜科、薯蓣科、龙食兰科等。双子叶植物也有发现,如豆科、玄参科、茄科等。含甾体皂苷的有天门冬、麦门冬、薯蓣、白英及蒺藜子。

在未煮熟透的菜豆(*Phaseolus vulgaris*)、大豆及其豆乳中含有的皂苷对消化道黏膜有强烈刺激作用,是引发皂苷中毒的主要原因,可产生一系列肠胃刺激症状而引起食物中毒。中毒症状主要是胃肠炎。潜伏期一般为2~4h,呕吐、腹泻(水样便)、头痛、胸闷、四肢发麻,病程为数小时或1~2d,恢复快,愈后良好。

(二) 氰苷

氰苷(cyanogenic glycosides)是由氰醇衍生物的羟基和D-葡萄糖缩合形成的糖苷,水解后可产生氢氰酸(HCN)。氰苷广泛存在于豆科、蔷薇科、稻科等约1000余种植物中,禾本科(如木薯)、豆科和一些果树的种子(如杏仁、桃仁)、幼枝、花、叶等部位均含有氰苷,其中以苦杏仁、苦桃仁、木薯,以及玉米和高粱的幼苗中含氰苷毒性较大。

在植物氰苷中与食物中毒有关的化合物主要是苦杏仁苷和亚麻苦苷。苦杏仁苷(amygdalin glycosides)主要存在于果仁中,在苦杏、苦扁桃、枇杷、李子、苹果、黑樱桃等果仁和叶子中都存在。苦杏仁苷是由龙胆二糖和苦杏仁腈组成的 β -型糖苷。在苦杏仁中苦杏仁苷的含量比甜杏仁高20~30倍。而亚麻苦苷(linamarin)主要存在于木薯、亚麻籽及其幼苗,以及玉米、高粱、燕麦、水稻等农作物的幼苗中。亚麻苦苷是木薯中的主要毒性物质,可释放游离的氰化物。此外,蜀黍氰苷(dhurrin,又称P-羟杏仁腈苷)存在于嫩竹笋中,曾引起几例人类氰化物中毒,其幼苗可引起牛急性中毒。

氰苷产生氰氢酸的反应由两种酶共同作用。氰苷首先在 β -葡萄糖苷酶作用下分解生成氰醇和糖，氰醇很不稳定，自然分解为相应的酮、醛化合物和氰氢酸。羟腈分解酶可加速这一降解反应。氰苷和 β -葡萄糖苷酶处于植物的不同位置，当咀嚼或破碎含氰苷的植物食品时，其细胞结构被破坏，使得 β -葡萄糖苷酶释放出来，和氰苷作用产生氰氢酸，这便是食用新鲜植物引起氰氢酸中毒的原因。氰苷的毒性很强，对人的致死剂量为18mg/kg体重。

果仁或木薯的氰苷被人体摄入后，在果仁或木薯自身存在的氰苷酶（如苦杏仁酶）的作用下，以及经胃酸、肠道中微生物的分解作用，产生二分子葡萄糖和苦杏仁腈，后者又分解为苯甲醛和游离的氢氰酸。氢氰酸（HCN）是一种高活性、毒性大、作用快的细胞原浆毒，当它被胃黏膜吸收后，氰离子与细胞色素氧化酶的铁离子结合，使呼吸酶失去活性，氧不能被机体组织细胞利用，导致机体组织缺氧而陷入窒息状态。氢氰酸还可损害呼吸中枢神经系统和血管运动中枢，使之先兴奋后抑制、麻痹，最后导致死亡。氢氰酸对人的最低致死剂量经口测定为每千克体重0.5~3.5mg，苦杏仁苷致死剂量约为1g。

苦杏仁中毒原因是误生食水果核仁，特别是苦杏仁和苦桃仁，儿童吃6粒苦杏仁即可中毒，也有自用苦杏仁治疗小儿咳嗽（祛痰止咳）而引起中毒的例子。在某些国家，杏仁蛋白、杏仁蛋白奶糖和杏仁糊已成为食品中苦杏仁苷的主要来源。澳大利亚已将苦杏仁苷在这些食品中的限量由50mg/kg降至5mg/kg。此外，某些地区的居民死于该中毒的原因是食用了高粱糖浆和野生黑樱桃的叶子或其他部位。中毒症状：先有口中苦涩、流涎、头晕、头痛、恶心、呕吐、心悸、脉频及四肢无力等症状，重症者胸闷、呼吸困难，严重者意识不清、昏迷、四肢冰冷，最后因呼吸麻痹或心跳停止而死亡。

木薯中毒原因是生食或食入未煮熟透的木薯或喝煮木薯的汤所致。在一些国家木薯被作为膳食中主要热量的来源，如果食用前未去毒或去毒效果不好，则有中毒的危险。一般食用150~300g生木薯即能引起严重中毒和死亡。早期症状为胃肠炎，严重者出现呼吸困难、躁动不安、瞳孔散大，甚至昏迷，最后可因抽搐、缺氧、休克或呼吸衰竭而死亡。

氰苷有较好的水溶性，水浸可去除产生氢氰酸的食物的大部分毒性。类似杏仁的核仁类食物及豆类在食用前大都需较长时间的浸泡和晾晒。将木薯切片，用流水研磨可除去其中大部分的氰苷和氰氢酸。发酵和煮沸同样用于木薯粉的加工，尽管如此，一般的木薯粉中仍含有相当量的氰化物。从理论上讲，加热可灭活糖苷酶，使之不能将氰苷转化为有毒的氰氢酸。但事实上，经高温处理过的木薯粉食物对人和动物仍有不同程度的毒性。虽然用纯的氰苷（如苦杏仁苷）大剂量喂饲豚鼠一般不产生毒性反应，而且氰苷在人的唾液和胃液中很稳定，但食用煮熟的利马豆和木薯仍可造成急性氰化物中毒。这一事实说明，人的胃肠道中存在某种微生物，可分解氰苷并产生氰氢酸。

改变饮食中的某些成分可避免慢性氰化物产毒。氰化物导致的视神经损害通常只见于营养不良人群。如果膳食中有足够多的碘，由氰化物引起的甲状腺肿就不会出现。食物中的含硫化合物可将氰化物转化为硫氰化物，膳食中缺乏硫可导致动物对氰化物去毒能力的下降。而长期食用蛋白质含量低而氰化物含量较高的食物，会加重硫的缺乏症状。因此，食用含氰化葡萄糖苷的食物不仅可直接导致氰化物中毒，还可间接造成特征性蛋白质的营养不良症。

（三）芥子苷

芥子苷（sinalbin，又称硫代葡萄糖苷）主要存在于十字花科植物，如油菜、野油菜、中国甘蓝、芥菜、白芥、黑芥、萝卜等种子中，是一种阻碍机体生长发育和致甲状腺肿的毒素。如果家畜食用处理不当的油菜和甘蓝的菜籽饼，则会发生中毒。

在世界的许多地区，甲状腺肿仍然严重困扰着人们。虽然仅有4%的甲状腺肿病例是由于碘缺乏以外的因素引起的，但地方性甲状腺肿的病例往往起因于碘缺乏和某种食物成分的共同作用，以十字花科甘蓝属植物为主要膳食成分就是一个重要的致病因素。甘蓝属植物如油菜、包心菜、菜花、西蓝花和芥菜等是世界范围内广泛食用的蔬菜。甘蓝植物的可食部分（茎、叶）一般不会引起甲状腺肿，但如果大量食用这类蔬菜则可能引起甲状腺肿。在某些碘摄入量较低的偏僻山区，以甘蓝植物为食是其甲状腺肿发病率高的原因之一。

致甲状腺肿物质的前体是黑芥子硫苷（glucosinolates）。黑芥子硫苷有100多种，主要分布在甘蓝植物的种子中，含量为2~5mg/g。该物质对昆虫、动物和人均具有某种毒性，是这类植物阻止动物啃食的防御性物质。小鼠服用超过一定剂量（150~200mg/kg）的黑芥子硫苷可引起其甲状腺肥大、生长迟缓、体重减轻及肝细胞损伤。在甘蓝植物的可食部分，黑芥子硫苷在葡萄糖硫苷酶的作用下可转化为几种产物，如腈类化合物、吲哚-3-甲醇、异硫氰酸酯、二甲基二硫醚和5-乙炔基噻唑-2-硫酮。据估计，一般人每天通过食用甘蓝蔬菜可摄入约200mg的这类化合物。

甘蓝属食品中抑制甲状腺功能的物质可分为两类：致甲状腺肿大素和硫氰酸酯。致甲状腺肿大素主要抑制甲状腺素的合成，而硫氰酸酯和脂类化合物主要抑制甲状腺对碘的吸收。致甲状腺肿大素的活性随物种的不同而有所不同，对人而言，其活性约为抗甲状腺素药物——丙基硫尿嘧啶的1.33倍。甲状腺激素的释放及浓度的变化对氧的消耗、心血管功能、胆固醇代谢、神经肌肉运动和大脑功能具有很重要的影响。甲状腺素缺乏会严重影响生长和发育。

硫氰酸盐也是黑芥子硫苷和异硫氰酸酯的裂解产物。该物质可抑制甲状腺对碘的吸收，降低了甲状腺素过氧化物酶（将碘氧化的酶类）的活性，并阻碍需要游离碘的反应。碘缺乏反过来又会增强硫氰酸盐对甲状腺肿大的作用，从而造成甲状腺肿大。人和实验动物食用了这类抑制甲状腺素合成的物质后，甲状腺素的分泌仍可继续进行。当组织中的碘源耗尽时，甲状腺素的分泌会因为缺乏再合成物质而减慢。这时，甲状腺释放激素（TSH）的分泌水平会增高，刺激垂体合成和释放促甲状腺素，造成甲状腺增生。

榨油后的菜籽饼，其营养价值与大豆饼相近。菜籽饼中本身含有无味的芥子苷，但在潮湿情况下（或遇水后），经种子本身所含有的芥子酶的作用，将芥子苷水解生成芥子油，其主要有毒成分是烯丙基异硫氰酸盐和噻唑烷硫酮。烯丙基异硫氰酸盐易挥发，具有刺鼻的辛辣味和强烈的刺激作用，能使皮肤发红、发热，甚至起水疱。家畜食用有毒的菜籽饼后，可引起甲状腺肿大，导致生物代谢紊乱，抑制机体生长发育，出现各种中毒症状。如精神萎靡、食欲减退、呼吸先快后慢、心跳慢而弱，并有肠胃炎、粪恶臭、血尿等症状，严重者可导致死亡。

芥子苷中毒的预防措施如下。

① 采用高温（140~150℃）或70℃加热1h，以破坏菜籽饼中芥子酶的活性。这是目前常用的方法，但该方法会造成干物质流失。而且，处理费用高，易破坏营养成分，产生的废弃物易造成环境污染。

② 采用微生物发酵中和法将已产生的有毒物质除去。这是目前研究较多且比较提倡的方法，通过寻找和培育能够降解芥子苷的菌株（细菌、霉菌或酵母菌），通过发酵破坏菜籽饼中的芥子苷，而不破坏其营养成分。目前，已经用于饲料生产的菌株有根霉属的华根霉菌、毛霉属的总状毛霉、黄曲霉群的米曲霉、白色球拟酵母等。

③ 选育不含或仅含微量芥子苷的油菜品种。由于某些动物肠道中的细菌也具有与芥子