

# 食品安全分析与检测技术

主 编 谢增鸿 副主编 吕海霞 林旭聪

7.3



化学工业出版社

# 食品安全分析与检测技术

主 编 谢增鸿  
副主编 吕海霞 林旭聪



化学工业出版社

· 北京 ·

本书的编写是在国家“十五”重大科技专项——食品安全关键技术应用的综合示范(2001BA804A26)、“十一五”国家科技支撑项目——畜禽及其制品安全生产的质量控制技术研究(2006BAK02A21)、福建省科技厅重点项目——食品中重要激素残留的整体柱电色谱-电化学检测技术研究(2007Y0022)等项目的资助下完成。该书详细收集、分类和梳理了国内外有关食品安全问题和关键监测技术的研究,从农药污染监控、兽药污染监控、毒素残留分析、食品添加剂分析等多方面入手,系统阐述了当前食品安全存在的危害因素和相关领域监测技术的发展及趋势,力求与实际食品安全分析应用相结合,为食品安全监督管理部门、检验部门、食品生产加工企业以及其他食品安全从业者提供相关的理论基础和技术参考,也希望能够为相关部门食品安全质量控制提供有益的技术借鉴。

本书可应用于轻工、农业、医学、环境保护、化工等行业,适合教学、科研、技术管理及生产等领域的工作人员使用;对需要了解食品中不安全物质的特性及检测和防护技术的广大读者,也具有一定参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

食品安全分析与检测技术/谢增鸿主编. —北京:化学工业出版社, 2010.9  
ISBN 978-7-122-07371-6

I. 食… II. 谢… III. ①食品分析②食品检验  
IV. TS207.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第232274号

---

责任编辑:仇志刚 杜春阳  
责任校对:洪雅姝

装帧设计:杨北

---

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)

印装:化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm, 1/16 印张15½ 字数301千字 2010年9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: 39.00 元

版权所有 违者必究

# 《食品安全分析与检测技术》编委会

主任：丛 林

副主任：游建胜 王伯玲

主 编：谢增鸿

副主编：吕海霞 林旭聪

成 员：（按姓氏笔画排序）

王伯玲	王晓春	王家斌	丛 林	吕海霞
伍伟民	刘 芳	吴孟辉	吴晓苹	吴翊民
陈思谨	林旭聪	谢增鸿	游建胜	

# 序 一

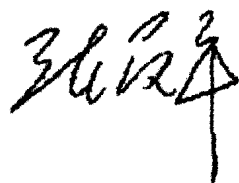
民以食为天，食以安全为本。食品安全关系社会稳定和国计民生。

食品安全既包含食物量的安全（Food security），也包含食物质的安全（Food safety）。我国在基本解决食物量的安全后，食物质的安全越来越引起全社会的关注。2002年国家启动了食品安全重大科技专项行动，2004年国务院发布了《国务院关于进一步强化食品安全工作的决定》，2009年国家通过《中华人民共和国食品安全法》，食品安全已被列为《国家中长期科学技术发展纲要》的重点领域和优选主题。

食品安全是一门研究“从农田到餐桌”全程控制的学科。近年来，在国家大力扶持下，我国食品安全科技得到长足发展。其中，针对化学物污染物监测、源性生物分析和有害物理污染分析等展开的食品安全危害的分析与监控，已成为食品安全科技的关键组成部分。当前，国际食品安全检验与控制技术发展迅猛，高灵敏、高特异性的分析检验技术和商品化仪器越来越多，危害分析与关键控制点（HACCP）和危险性评估（Risk Assessment）等食品安全分析控制技术对食品安全危害分析途径的适用性、科学性、系统性提出了更高的要求。

编者在完成了“十五”国家食品安全重大科技专项“食品安全关键技术的研究与示范”等系列研究的基础上，组织编写了《食品安全分析与检测技术》一书。该书紧密结合食品安全危害分析的专业需求，借鉴融合了国内外先进的技术、标准和规程，从农药污染监控、兽药污染监控、毒素残留分析、食品添加剂分析等多方面入手，深刻阐述了食品安全危害的存在形式，深入分析所面临的挑战，系统介绍了食品安全分析的各类危害因素的样品处理技术、关键分析技术和相关研究进展，具有良好的实用性、适用性和学术参考价值。

衷心希望本书的出版，能为推动食品安全危害残留检测与食品安全监控等科技发展、保障食品安全作出积极的贡献，并催生一批严谨、务实的食品安全危害分析和管理技术人才。



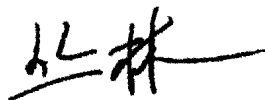
中国工程院院士  
2010年7月于郑州

## 序 二

食品安全关系国计民生，党和国家高度重视。“以人为本”、“发展民生科技”，保障产品质量与食品安全，是我国中长期科技发展规划战略研究的工作重点之一。随着我国社会经济的快速发展和世界经济的大融合，我国食品安全面临的食品中食源性和生物性污染、国际贸易绿色技术壁垒等问题日趋突出。近年来瘦肉精、孔雀石绿、苏丹红、三聚氰胺等食品安全事件的频繁发生，使食品安全成为全社会普遍关注的焦点问题。

福建省是全国首批国家食品安全示范建设省份之一，在国内首倡“治理餐桌污染，建设食品放心工程”、并将其作为“省长工程”。“十五”、“十一五”期间，福建省政府将“食品安全”列为公共安全及公共服务领域科技创新重点内容之一，先后成立了以省长为组长的“食品放心工程”联席会议、食品安全委员会。福建省科技厅也强化了科技支撑，设立了食品安全科技重大专项和系列重点科技计划项目，推进食品安全关键技术研发与科技示范，在福州、厦门等设区市统一部署实施，构建并运行了食品中微量化学性、生物性污染监测等关键科技支撑创新体系，形成了龙海格林蔬菜、安溪茶叶、东山海魁水产和同安银祥猪肉等安全模式和示范基地或产业链，提升了福建省食品安全科技水平和生产规范化程度，实施成效显著。

为了促进食品安全科技成果的普及、应用，福建省科技厅组织了相关食品安全知名专家、一批食品安全工作经验丰富的科技工作者，在对“十五”、“十一五”食品安全关键技术研究科技示范以及国内外相关科技成果进行全面总结的基础上，组织编写了《食品安全分析与检测技术》一书。该书详细收集、分类和梳理了国内外有关食品安全问题和关键监测技术的研究，系统阐述了当前食品安全存在的危害因素和相关领域监测技术的发展及趋势，是食品安全科技工作者熟悉掌握食品安全危害因素、食品质量安全监测技术的专业参考书，可供从事食品安全、食品质量控制科学等领域的相关科研、生产和管理人员学习和应用。希望通过本书的出版，促进全省相关食品安全科技的创新、交流和应用。



福建省科技厅副厅长、博士、教授  
2010年7月1日于福州

# 前 言

食品安全关系社会稳定和国计民生。近年来，国内外食品安全事件接连不断，不仅危及消费者健康、食品进出口贸易，甚至引发了食品安全信任危机，造成了不良的社会影响和巨大的经济损失。食品安全问题已成为当今各国政府、消费者和科技界共同关注的焦点之一。在我国，党和政府历来对食品安全给予高度重视，颁布了《关于进一步加强食品安全工作的决定》、《中华人民共和国食品安全法》等文件和法规，并将食品安全列入《国家中长期科学技术发展纲要》的重点领域和优选主题。“十五”、“十一五”期间我国先后启动并实施了食品安全关键技术重大科技专项和科技支撑计划，在食品安全分析和检测技术领域展开了系统的科技创新和技术探索，取得了许多优秀的技术成果，食品安全研究和应用呈现步步升温的良好态势。

目前，影响食品安全性的主要因素有致病性微生物污染和化学性食物污染，食品中新技术、新品种、新型包装材料、新资源的应用也可能导致与食品直接或间接作用的化学物质日益增多，带来新的食品安全隐患，从而对食品安全分析检测技术提出了新的要求和挑战。分析检测是食品生产加工、运输及流通等环节中企业内部自我监控和外部监督检查的重要手段，直接影响食品质量和安全。当前食品安全检测技术正向精准化、自动化和速测化方向发展，许多成熟的检测仪器和速测技术被广泛推广运用，新的检测技术和仪器不断开发成功。随着我国经济社会快速发展，全社会对食品安全分析与检测技术的应用需求也日益迫切。为了更好地推动相关食品安全研究科技成果的应用，切实保障人民身体健康，编者在总结实践工作经验的基础上，并参阅借鉴了国内外相关先进的科学技术和理论知识，编写了《食品安全分析与检测技术》。

全书共分十章，介绍了农药污染、兽药污染、毒素残留管理、食品添加剂的用途与毒性、农药残留检测与样品前处理技术、兽药残留检测技术、生物毒素的分析技术、食品添加剂的分析以及毛细管电色谱技术在食品安全中的应用等内容，同时对影响食品安全性的各种因素及食品污染物的限量标准和检测方法等进行了介绍，力求与实际食品安全分析应用相结合，为食品安全监督管理部门、检验部门、食品生产加工企业以及其他食品安全从业者提供相关的理论基础和技术参考，也希望能够为相关部门食品安全质量控制提供有益的技术借鉴。

在编写过程中，编者参考了国内外食品安全相关科技研究成果，涉及的学科主要涵括食品卫生、食品分析、微生物学、免疫学、毒理学等。本书内容适合于

轻工、农业、医学、环境保护、化工行业中教学、科研、技术管理及生产等领域的相关人员使用；对需要了解食品中不安全物质的特性及检测和防护技术的广大读者，也具有一定参考价值。由于编者水平和经验有限，书中难免有一些不足之处，敬请读者批评指正。

本书的编写是在国家“十五”重大科技专项——食品安全关键技术应用的综合示范（2001BA804A26）、“十一五”国家科技支撑项目——畜禽及其制品安全生产的质量控制技术研究（2006BAK02A21）、福建省科技厅重点项目——食品中重要激素残留的整体柱电色谱-电化学检测技术研究（2007Y0022）等项目的资助下完成的，在此表示衷心的感谢！感谢化学工业出版社对食品安全科技工作的支持。

**编 者**  
**2010年5月**



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 食品安全定义</b> .....	1
<b>第二节 食品安全危害的种类</b> .....	2
一、生物性危害 .....	3
二、化学性危害 .....	3
三、物理性危害 .....	4
四、转基因食品的危害 .....	4
<b>第三节 现状分析与面临的挑战</b> .....	5
一、国际食品安全形势 .....	5
二、国内食品安全的主要问题 .....	5
三、研究进展与挑战 .....	7
<b>第四节 关键技术研究 with 综合示范</b> .....	8
<b>参考文献</b> .....	10
<b>第二章 农药污染</b> .....	11
<b>第一节 概述</b> .....	11
一、农药残留的有关概念 .....	12
二、农药的分类 .....	13
三、各类农药简介 .....	13
<b>第二节 食品中农药残留的来源与途径</b> .....	26
一、农药的富集和残留 .....	26
二、食品中农药残留来源与途径 .....	27
<b>第三节 食品中农药残留毒性与限量</b> .....	28
一、农药残留的毒性与危害 .....	28
二、农药残留限量标准 .....	29
<b>第四节 控制食品中农药残留的措施</b> .....	30
<b>参考文献</b> .....	32
<b>第三章 兽药污染</b> .....	33
<b>第一节 概述</b> .....	33
一、国内外动物性食品安全问题的现状 .....	33

二、兽药残留的相关概念及兽药残留的种类 .....	35
第二节 食品中兽药残留的原因、来源与途径 .....	37
一、产生兽药残留的主要原因 .....	37
二、动物性食品中兽药残留的主要来源和途径 .....	38
第三节 食品中兽药残留毒性与限量 .....	40
一、兽药残留的危害 .....	40
二、兽药残留的毒性与限量 .....	42
第四节 控制食品中兽药残留的措施 .....	45
一、兽药残留的控制 .....	45
二、避免兽药残留的措施 .....	46
参考文献 .....	49
<b>第四章 毒素残留管理 .....</b>	<b>51</b>
<b>第一节 细菌毒素 .....</b>	<b>51</b>
一、食品中细菌污染的途径 .....	51
二、细菌污染对食品的危害 .....	52
三、食品中常见的污染细菌 .....	52
<b>第二节 真菌毒素 .....</b>	<b>57</b>
一、真菌毒素的种类 .....	58
二、真菌毒素生长环境及其食物中毒特点 .....	58
三、防止真菌毒素污染的措施 .....	58
四、食品中典型的真菌毒素 .....	59
<b>第三节 河豚毒素 .....</b>	<b>70</b>
一、来源与分布 .....	70
二、结构与性质 .....	71
三、毒性 .....	71
四、生物活性 .....	72
五、中毒症状 .....	73
六、致病机理 .....	73
七、救治 .....	74
八、防治措施 .....	74
<b>第四节 藻类毒素 .....</b>	<b>75</b>
一、麻痹性贝类毒素 .....	75
二、腹泻性贝类毒素 .....	77
三、神经性贝类毒素 .....	80
四、记忆丧失性贝类毒素 .....	82
五、西加鱼毒 .....	83
参考文献 .....	86

<b>第五章 食品添加剂的用途与毒性</b> .....	88
<b>第一节 概述</b> .....	88
一、食品添加剂的定义 .....	88
二、食品添加剂的分类 .....	88
<b>第二节 我国的食品添加剂存在的问题和发展方向</b> .....	101
一、存在的问题 .....	101
二、发展方向 .....	102
三、控制措施 .....	103
<b>参考文献</b> .....	103
<b>第六章 农药残留检测与样品前处理技术</b> .....	105
<b>第一节 概述</b> .....	105
一、理化分析法 .....	106
二、生物分析法 .....	106
<b>第二节 常用的农药残留分析样品前处理技术</b> .....	107
一、提取方法 .....	107
二、净化方法 .....	112
三、浓缩方法 .....	112
四、新发展的样品前处理技术 .....	113
<b>第三节 目前中国农药残留分析常用的检测技术</b> .....	118
一、色谱技术 .....	119
二、电化学方法 .....	126
<b>第四节 农药残留量检测新技术</b> .....	126
一、超临界流体色谱 .....	126
二、毛细管电泳联用技术 .....	128
三、其他色谱分析新技术 .....	129
四、免疫分析技术 .....	132
五、直接光谱分析技术 .....	137
六、传感器技术 .....	137
七、酶抑制技术 .....	139
<b>参考文献</b> .....	140
<b>第七章 兽药残留检测技术</b> .....	148
<b>第一节 样品前处理与常用检测方法</b> .....	148
一、样品前处理技术 .....	148
二、衍生化技术 .....	150
三、兽药残留分析方法 .....	151
四、实用方法举例 .....	156

第二节 兽药残留检测新技术 .....	159
一、Charm II 检测 .....	159
二、分子印迹技术 .....	162
参考文献 .....	164
<b>第八章 生物毒素的分析技术 .....</b>	<b>167</b>
第一节 细菌内毒素的分析 .....	167
一、家兔检测法 .....	167
二、气相色谱和质谱联用检测方法 .....	167
三、《中国药典》(2005 年版) 细菌内毒素检查法 .....	168
第二节 真菌毒素的分析 .....	168
一、提取 .....	168
二、分离纯化 .....	169
三、测定 .....	170
第三节 河豚毒素的分析 .....	174
一、生物测定法 .....	174
二、免疫化学测定法 .....	175
三、理化分析法 .....	175
第四节 贝类毒素的分析 .....	177
一、生物检测法 .....	177
二、免疫分析法 .....	177
三、受体结合检测法 .....	178
四、细胞毒性/细胞培养检测法 .....	178
五、化学分析法 .....	178
六、贝类毒素测定的标准方法 .....	180
参考文献 .....	186
<b>第九章 食品添加剂的检测 .....</b>	<b>188</b>
第一节 食品添加剂的检测方法进展 .....	188
一、防腐剂和甜味剂的检测 .....	189
二、着色剂(色素)的检测 .....	190
三、抗氧化剂的检测 .....	193
四、香料的检测 .....	194
五、增味剂的检测 .....	196
六、其他食品添加剂的检测 .....	197
第二节 测定方法示例 .....	198
一、液相色谱-质谱联用检测食品中苯甲酸、山梨酸、糖精钠 .....	198
二、离子对反相 HPLC 法同时测定糖精钠和 8 种防腐剂 .....	200

三、气相色谱法测定食品中山梨酸和苯甲酸的含量 .....	201
四、淋洗液发生器离子色谱抑制电导法测定 4 种甜味剂 .....	201
五、食品中 21 种合成色素 HPLC 测定方法 .....	201
六、季铵滤柱-HPLC 法同时测定食品中 12 种合成色素 .....	202
七、油脂中 9 种抗氧化剂的反相高效液相色谱法分离和测定 .....	204
八、毛细管气相色谱法测定食品中多种抗氧化剂残留 .....	205
九、5'-肌苷酸二钠和 5'-鸟苷酸二钠的离子色谱法测定 .....	206
十、单柱离子色谱法同时分析食品中酸度调节剂和无机阴离子 .....	207
十一、HPLC 法同时测定食品中酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、 延胡索酸、琥珀酸 .....	208
十二、高效毛细管电泳法短小时内同时测咖啡因、山梨酸、苯甲酸、 糖精的含量 .....	208
十三、固相萃取-高效液相色谱法测定 6 种常见食品添加剂 .....	210
十四、高效液相色谱法同时测定酱油或饮料中的 8 种防腐剂和 3 种 甜味剂 .....	211
十五、胶束电动毛细管色谱法同时测定食品饮料中的 4 种添加剂 .....	212
十六、毛细管电泳法分离测定食品中的山梨酸、苯甲酸、糖精 .....	212
参考文献 .....	213
<b>第十章 毛细管电色谱技术在食品安全检测中的应用 .....</b>	<b>215</b>
<b>第一节 CEC 联用技术 .....</b>	<b>216</b>
一、pCEC-AD 联用技术 .....	217
二、pCEC-CL 联用技术 .....	219
三、pCEC-ECL 联用技术 .....	221
<b>第二节 pCEC 在食品安全中的应用 .....</b>	<b>222</b>
一、pCEC 分析兽药残留 .....	223
二、pCEC 分析农药残留 .....	226
三、pCEC 分析食用色素残留 .....	230
参考文献 .....	232

# 第一章

---

# 绪论

食品是人类赖以生存和发展的物质基础，食品安全问题是关系到人民身体健康和国计民生的重大问题。近年来，国际上一些地区和国家频发恶性事件，食品安全问题也相当突出。我国随着经济和社会的持续较高速度的发展，在基本解决食物保障（Food security）问题的同时，食物的安全（Food safety）问题越来越引起全社会的关注，尤其是我国作为 WTO 的新成员，与世界各国间的贸易往来会日益增加，世界某一地区的食品问题很可能会波及全球，从而对我国食品安全带来巨大影响。食品安全问题在某种程度上也影响着我国农业产品和产业结构的战略性调整。

本章以我国一些迫切需要控制的食源性危害（化学性、生物性）及其检测控制技术等科学问题入手，介绍食品安全内涵、食品安全危害类型；通过对我国食品安全的现状、问题和对策进行有针对性的介绍，概述了我国食品安全科技发展背景、现状和面临的挑战，提出了关键检测技术的重要性。总结“食品安全关键技术研究及综合示范建设”的经验，介绍了福建省“放心菜”、“放心茶”和“放心肉”及“无公害水产品”关键检测技术研究和示范建设经验，有助于促进我国食品安全建设实践的发展，引导和带动地方的积极参与，为改善我国食品安全状况提供一定的经验借鉴。

## 第一节 食品安全定义

食品安全是个综合概念，与卫生学、营养学、质量学等学科概念不同，食品安全不仅是个法律上的概念，更是一个社会、经济、技术上的概念。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，涉及食品（食物）种植、养殖、加工、包装、贮藏、运输、销售、消费等各个环节。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有所不同，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，具有惟一性和强制性，通常属于政府保障或者政府强制的范畴。

“安全”是一个具体而又抽象的概念，就食品安全而言，具有三层含义：一是食品战略安全，指食物数量足够，能够满足人民基本需求；二是食品质量安全 (Food Safety)，是指食品中有害物质含量对人体不会造成危害；三是食物满足人类营养与健康 (Nutrition & Healthy) 需要，亦即从食物中能够摄取足够的热量、蛋白质、脂肪及其他营养物质 (纤维素、维生素、矿物质等)，反映了随着生产力的发展和人们生活水平的提高，人类对食品安全的需求从量到质的深化。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，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。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》，综合型《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，更加突显了食品安全的政治责任，反映了时代发展的要求。

目前，国际学术界对食品安全尚缺乏一个明确的、统一的定义。1984年世界卫生组织在《食品安全在卫生和发展中的作用》文件中，把“食品安全”等同于“食品卫生”，定义为：“生产、加工、贮存、分配和制作食品过程中确保食品安全可靠，有益于健康并且适合人消费的种种必要条件和措施”。1996年世界卫生组织在《加强国家级食品安全性计划指南》中则把食品安全与食品卫生作为两个不同含义的用语加以区别。其中“食品安全”被解释为“对食品按其原定用途进行制作和（或）食用时不会使消费者受害的一种担保”，食品卫生则指“为了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”。

我国学术界在食品安全的认识上主要有三种观点<sup>[1]</sup>：第一，食品安全 (Food safety) 是指食品中不应含有可能损害或威胁人体健康的有毒、有害物质或因素，从而导致消费者急性或慢性毒害或感染疾病，或产生危及消费者及其后代健康的隐患；第二，食品安全应区分为绝对安全与相对安全两种不同的层次。绝对安全被认为是确保不可能因食用某种食品而危及健康或造成伤害的一种承诺，相对安全为一种食物或成分在合理食用方式和正常食量的情况下不会导致对健康的损害；第三，食品安全是指生产者所生产的产品符合消费者对食品安全的需要，并经权威部门认定，在合理食用方式和正常食用量的情况下不会导致对健康损害。《中华人民共和国食品卫生法》规定，“食品应当无毒、无害”和防止食品污染和有害因素对人体健康的危害，保障人民身体健康，增强人民体质”，就是食品安全的根本内容和定义。

## 第二节 食品安全危害的种类

食品安全危害 (Food safety hazards) 是指潜在损坏或危及食品安全和质量的因子或因素，包括生物、化学以及物理性的危害，对人体健康和生命安全造成

危险。一旦食品含有这些危害因素或者受到这些危害因素的污染，就会成为具有潜在危害的食品（Potentially hazardous foods），尤其指可能发生微生物性危害的食品。

食品安全危害可以发生在食物链的各个环节，其差异较大，按照 HACCP 危害分析的通常分类，有四种类型。

## 一、生物性危害

常见的生物性危害包括细菌、病毒、寄生虫以及霉菌。

### 1. 细菌

按其形态，细菌分为球菌、杆菌和螺形菌；按其致病性，细菌又可分为致病菌、条件病菌和非致病菌。食品中细菌对食品安全和质量的危害表现在两个方面。

(1) 引起食品腐败变质。

(2) 引起食源性疾病。若食品被致病菌污染，将会造成严重的食品安全问题。

### 2. 病毒

病毒非常微小，不仅肉眼看不见，而且在光学显微镜下也看不见，需用电子显微镜才能察觉到。病毒对食品的污染不像细菌那么普遍，但一旦发生污染，产生的后果将非常严重。

### 3. 寄生虫

在寄生关系中，寄生虫的中间宿主具有重大的食品安全意义。畜禽、水产是许多寄生虫的中间宿主，消费者食用了含有寄生虫的畜禽和水产品后，就可能感染寄生虫。例如吸虫（Trematodes）中间宿主是淡水鱼、龙虾等节肢动物，生吃或烹调不适，会使人感染吸虫。

### 4. 霉菌

霉菌可以破坏食品的品质，有的产生毒素，造成严重的食品安全问题。例如黄曲霉素、杂色曲霉素、赭曲霉素可以导致肝损伤，并具有很强的致病作用。

## 二、化学性危害

常见的化学性危害有重金属、自然毒素、农用化学药物、洗消剂及其他化学性危害。

### 1. 重金属

重金属，如汞、镉、铅、砷等，均为对食品安全有危害的金属元素。食品中的重金属主要来源于三个途径：（1）农用化学物质的使用、工业三废的污染；（2）食品加工过程所使用不符合卫生要求的机械、管道、容器以及食品添加剂中含有毒金属；（3）作为植物的植物在生长过程中从含高金属的地质中吸取了有毒重金属。



## 2. 自然毒素

许多食品含有自然毒素，例如发芽的马铃薯（土豆）含有大量的龙葵毒素，可引起中毒或致人死亡；鱼胆中含的 5- $\alpha$  鲤醇，能损害人的肝肾和心脑，造成中毒和死亡；霉变甘蔗中含 3-硝基丙醇，可致人死亡。自然毒素有的是食物本身就带有，有的则是细菌或霉菌在食品中繁殖过程中所产生的。

## 3. 农用化学药物

食品植物在种植生长过程中，使用了农药杀虫剂、除草剂、抗氧化剂、抗菌素、促生长素、抗霉剂以及消毒剂等，或畜禽鱼等动物在养殖过程中使用的抗生素，合成抗菌药物等，这些化学药物都可能给食物带来危害。世界各国对农用化学药物的品种、使用范围以及残留量作了严格限制。例如欧盟规定，中国出口到欧洲的蜂蜜中氯霉素的残留不得超过 0.1ng/mL。

## 4. 洗消剂

洗消剂是一个常被忽视的食品安全危害。问题产生的原因有：（1）使用非食品用的洗消剂，造成对食品及食品用具的污染；（2）不按科学方法使用洗消剂，造成洗消剂在食品及用具中的残留。例如，有些餐馆使用洗衣粉清洗餐具、蔬菜或水果，造成洗衣粉中的有毒有害物毒，如增白剂等，对食品及餐具的污染。

## 5. 其他化学危害

化学性危害情况比较复杂，污染途径较多，上面讲的是一些常见的、主要化学性危害，还有滥用食品添加剂、机械润化油等其他化学性危害。

# 三、物理性危害

物理性危害与化学性危害和生物性危害相比，有其特点，往往消费者看得见。因而，也是消费者经常表示不满和投诉的事由。物理性危害包括碎骨头、碎石头、铁屑、木屑、头发、蟑螂等昆虫的残体、碎玻璃以及其他可见的异物。物理性危害不仅令食品造成污染，而且时常也损坏消费者的健康。

# 四、转基因食品的危害

自从 1973 年，美国斯坦福大学的科恩教授开发成功转基因技术，转基因技术被逐渐应用于农产品的生产，但转基因食品是否安全，目前却没有一个人能做出肯定的回答。1999 年 3 月，《自然》杂志发表了康乃尔大学 Losey 等人认为转基因作物有毒性的论文，引起了世界的震惊，其报道的转基因 Bt 玉米毒死黑脉金斑蝶的幼虫可谓转基因作物短期不良反应的一个实例<sup>[2]</sup>。据推测，长期不良效应的发现正如六六六、DDT、PPA 等药物的不良效应一样需要一定时间。欧盟国家在 2000 年 6 月决定暂停转基因产品的种植和流通，日本曾对转基因食品的安全性深信不疑，但自 Losey 等人的论文发表后，也将重新对转基因食品的安全进行进一步研究。转基因技术的应用一方面给食品行业的发展带来前所未有的机遇，另一方面转基因食品安全的不确定性也给食品安全带来了前所未有的