



GAODENG XUOXIAO ZHUANYE JIAOCAI

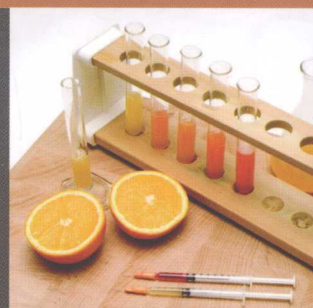
• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

食品安全学概论

赵笑虹 编著

INTRODUCTION OF FOOD SAFETY



中国轻工业出版社

中国轻工业出版社

【中国轻工业出版社】

食品安全学概论

王竹溪 主编

中国轻工业出版社



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

食品安全学概论

赵笑虹 编著



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品安全学概论/赵笑虹编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 1

高等学校专业教材

ISBN 978-7-5019-7152-7

I. ①食… II. ①赵… III. ①食品卫生 - 高等学校 - 教材 IV. ①R155.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 185211 号

责任编辑: 李 佳

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 张乃柬 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 11.25

字 数: 259 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7152-7

定价: 20.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90650J1X101ZBW

前 言

俗话说：“国以民为本，民以食为天，食以安为先”。随着科学的进步、社会的发展和生活水平的不断提高，人们不仅要求食品营养丰富，美味可口，更需要安全卫生。食源性疾病的发病率居各类疾病总发病率的前列，是当前世界上最突出的卫生问题。食品从原料生产、加工、储运、销售直到消费的整个过程都存在着不安全因素。工业“三废”的排放造成了环境污染，导致食品和饮水中有毒有害化学物质含量增加；环境污染导致生态平衡失调，致使农业生产中大量使用农药，造成食品中农药残留；食品添加剂滥用和超量使用；因管理不善导致各种细菌、霉菌及其毒素和寄生虫等对食品的污染；食品在生产、加工过程中产生的多环芳烃、杂环胺等致癌物质，这些都会对食品安全性造成不同程度的影响，对人体健康产生威胁。为了提高人们的食品安全意识，减少食源性疾病的危害，保障人民身体健康，在参阅和吸收国内外相关知识的基础上，编写了这本《食品安全学概论》。

本书概述了与食品安全有关的科学问题，共分二十章，分别介绍了环境污染对食品安全性的影响、化学物质应用的安全性、生物性污染对食品安全性的影响、动植物中的天然有毒物质、包装材料和容器的安全性、转基因食品的安全性、食品安全检测技术、食品掺伪的检验、危害分析与关键控制点体系、食品安全法规与标准等。

全书简明扼要，重点突出，既具有一定的理论性，又具有较强的实践性，可供高等院校食品科学与工程、包装工程、食品质量与安全、生物工程、生物技术、商品学、营养学、医学及相关专业的广大师生参考，也可供科研、技术管理及生产领域的工作人员参考使用，还可作为普及食品安全常识的读本。

由于编者水平和编写时间所限，错误和缺点在所难免，恳请读者批评指正。

赵笑虹

目 录

第一章 绪论	1
第一节 食品安全学的基本概念	1
第二节 食品中的危害因素分析	11
第三节 国内外食品安全概况	13
第四节 我国食品安全展望	17
第二章 环境污染对食品安全性的影响	20
第一节 概述	20
第二节 大气污染	21
第三节 水体污染	22
第四节 土壤污染	24
第三章 细菌对食品安全性的影响	26
第一节 食品的腐败	26
第二节 食品中主要污染细菌	28
第三节 食品中常见的污染细菌监测指标	33
第四章 霉菌对食品安全性的影响	36
第一节 概述	36
第二节 黄曲霉毒素	37
第三节 常见霉菌毒素	38
第五章 病毒对食品安全性的影响	40
第一节 病毒对食品的污染	40
第二节 食品中常见的污染病毒	41
第六章 寄生虫对食品安全性的影响	49
第一节 概述	49
第二节 食品中常见的寄生虫	49
第七章 动植物中的天然有毒物质	53
第一节 概述	53
第二节 含天然有毒物质的植物	53
第三节 含天然有毒物质的动物	56
第八章 农药残留对食品安全性的影响	61
第一节 概述	61
第二节 食品中农药残留的来源	62
第三节 食品中农药残留的危害	62
第四节 农药残留的允许限量	64
第五节 控制食品中农药残留的措施	66

第九章 兽药残留对食品安全性的影响	68
第一节 概述	68
第二节 兽药残留的危害	70
第三节 动物性食品中兽药残留的监测与管理	72
第十章 食品添加剂的安全性	74
第一节 概述	74
第二节 常见食品添加剂	74
第三节 食品添加剂在食品加工中的使用规范	80
第四节 食品添加剂的毒性作用	80
第十一章 有毒化学元素对食品安全性的影响	83
第一节 概述	83
第二节 汞	83
第三节 铅	85
第四节 砷	87
第五节 镉	88
第六节 铝	89
第十二章 二噁英及其类似物对食品安全性的影响	91
第一节 二噁英	91
第二节 多氯联苯	96
第十三章 包装材料和容器的安全性	98
第一节 概述	98
第二节 纸及其制品	98
第三节 塑料制品	99
第四节 其他包装材料	100
第十四章 食品加工、贮藏过程中产生的有毒、有害物质	103
第一节 <i>N</i> -亚硝基化合物	103
第二节 苯并[α]芘	104
第三节 杂环胺	105
第四节 油脂氧化及有害加热产物	107
第十五章 非热力杀菌食品的安全性	111
第一节 超高压食品	111
第二节 辐照食品	112
第十六章 转基因食品的安全性	116
第一节 概述	116
第二节 转基因食品的安全性问题	116
第三节 转基因食品安全性评价	117
第四节 转基因食品的管理与法规	118
第十七章 食品安全检测技术	119
第一节 食品的感官检测技术	119

第二节	食品的理化检测技术	120
第三节	食品的生物检测技术	125
第十八章	食品掺伪的检验	128
第一节	概述	128
第二节	部分食品掺伪的鉴别	131
第十九章	食品安全控制保证体系	135
第一节	危害分析与关键控制点(HACCP)	135
第二节	良好操作规范(GMP)	138
第三节	卫生标准操作程序(SSOP)	138
第二十章	食品安全法规与标准	140
第一节	概述	140
第二节	食品安全标准体系	141
第三节	我国食品安全法规体系	145
附录《中华人民共和国食品安全法》		148
参考文献		163

第一章 绪 论

俗话说,“国以民为本,民以食为天,食以安为先”。可见,食品是人类赖以生存、繁衍、维持健康的基本条件。人类社会的发展过程中产生的各种有毒、有害物质,时刻都有可能混入食品,导致摄入该食物的人产生一系列病理变化,甚至危及生命。在工业化及全球化高度发展的今天,随着食品生产和人们生活的现代化,人们对食品的消费方式逐渐向社会化转变,由原来主要由家庭烹饪转向以专业企业加工生产为主,因此,食品安全事件的影响范围急剧扩大,对人类的危害更加严重。一起食品安全事件不再是仅仅影响一个家庭,而是影响一个社区、一个城市、一个国家,甚至是许多国家。人们还记忆犹新的近年来发生的英国的“疯牛病事件”、比利时的“二噁英事件”、日本的“口蹄疫事件”以及波及多个国家的“禽流感事件”等全球性食品安全事件都说明了这一点。目前,食品污染问题已经超出了传统意义的污染范围,而成为对人类赖以生存与健康发展的整个食物链的管理与保护问题。

第一节 食品安全学的基本概念

一、基 本 概 念

1. 化学物质的毒性概念和饮食的风险概念

风险是一个应用较广的概念。风险可简单地理解为人所不欲事件发生的概率或机会的多少。风险有大小,有一些是可以度量的,如保险公司的经营项目,而有一些只能根据风险评价结果加以估算,如食品成分的风险。

食品污染是指食品在生产(包括种植、饲养与兽医治疗)、加工、包装、储存、运输、销售和烹调等环节混入(非故意加入)了有毒、有害物质。这些物质可能来自环境污染或生产加工过程,也可能是食品本身天然存在的。

在我国,“食品安全”与常用名词“食品卫生”几乎为同义词。1996年世界卫生组织在其《加强国家级食品安全计划指南》中把“食品安全”与“食品卫生”作为两个概念不同的用语加以区别,其中,“食品卫生”所指的范围似乎比“食品安全”稍窄一些。“食品卫生”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,而“食品安全”被定义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健康受到损害的一种担保。

食品污染造成的危害,可以归结为影响食品的感官性状,造成急性食物中毒,引起机体的慢性危害,对人类的致畸、致突变和致癌作用。

在人类发展的初级阶段,即便是在生存条件恶劣、食品供应十分匮乏的情况下,先民们也不会去主动食用对自身健康有不良影响的有毒、有害物质。规避风险是人类的本能,也可以说是自然界一切动物的本能。社会的进步使得人们对自身的健康予以更多的关注,

科学技术的发展使得人们对食品安全性问题有了更多的了解，人们都希望食品安全性有切实的保障，所消费的食品不会对人体健康产生危害。这里所说的危害就是指可能对人体健康产生不良后果的因素或状态。食品中具有的危害通常称为**食源性危害**。就目前来讲，食源性危害大致上可以分为物理性、化学性以及生物性危害三类。评价一种食品是否安全，并不是根据其内在的固有毒性，而是看其是否造成实际的伤害。事实上，随着分析技术的进步，已发现越来越多的食品，特别是天然食品中含有多种微量的有毒成分，但这些有毒成分并不一定会造成危险。一般来说，含量水平对毒性有重要意义，但对致癌物而言，不管是高剂量、短时间暴露，还是低剂量、长时间的暴露，都会发生基因突变、致癌，与致癌物含量水平无关。消费者将“食品应当无毒、无害”理解为食品不能存在危害健康或造成损害的可能性，即消费者总是要求社会提供绝对没有危险性的食品，而将近年来频频发生的食品安全事件认为是由于技术低下和管理不当。事实上，食品中总会有一些有害于人体健康的成分。有些有害成分是食物本身所固有的，如有毒蘑菇中的各种毒素和扁豆（四季豆）中的皂苷和植物血凝素，如果在食用时不加以注意，就会造成食物中毒，这就是饮食的风险；但更多的有害成分是食品在生产、加工、储存、运输、销售、烹调等各个环节中被一些有毒、有害化学因素污染而混入的。既然食品会天然存在或无意中污染“有毒、有害物质”，我们需要判断食品中哪些物质或成分属于“有毒、有害物质”，以及在什么水平下会对人体健康产生危害或损害。在目前的科学水平下，一些有毒、有害因素难以得出“健康影响”和“有害效应”的结论，但伴随着人们认识的提高会有新的发现，如长期低剂量接触某些有毒、有害物质会在多年后出现对健康的损害。尽管这些有毒、有害效应一直存在，但目前的技术手段还不能识别这些效应，或目前的检测技术还不能够发现有毒、有害物质，这就是说，人类消费任何一种食品要保证绝对安全（危险性为零）几乎是不可能的。即食品中总是存在能够引起健康损害的物质，也总是存在危害，但存在危害并不意味着就一定会产生健康损害。毒理学上有一最著名的概念就是“剂量决定毒性”，即如果危害的暴露水平在允许摄入量以下，产生健康损害的可能性就要小得多。也就是说不同食品中存在的有害物质引起健康损害的可能性是不同的。在一定条件下能够引起某种健康损害出现的概率称为危险性、危险度或风险度。对于食品生产或安全管理者来说，食品安全指在可以接受危险度下不会对健康造成损害。虽然食品中的危害总是存在的，但危险性不仅有高低，还可采取一定的预防措施控制或减少危害。消费者、食品生产者和安全管理者对食品安全认识角度是存在差别的。后者从食品科技的现实出发，意识到食品总是存在危害，食品安全管理者的任务就是将食品发生对健康损害事件的危险性减少到尽可能低的程度。尽管各国政府十分重视食品安全保证，并采取了周密的管理措施，全球每年仍有数十亿人次因吃了污染食品而染病。公众也越来越意识到食品供应中病原微生物和化学物质的危险毒性。食品安全的大多数管理部门依据法律法规条文中的规定，从市场中强行撤去不安全的食品，并依据事实处罚责任人。这些传统的方法如果不是建立在导向性预防的基础上的，就难以适应已经存在并且还在不断涌现的食品安全问题的挑战。在过去几十年中，伴随着人们对食源性疾病与食源性危害知识的积累，食品安全性评价已经向危险性分析技术过渡。由危险性评估、危险性管理和危险性交流三部分组成的危险性分析在保证食品安全和制定食品卫生标准中应用得越来越多。特别是定量的危险性评估技术使得危险性科学这一毒理学分支在食品安全保证中得到飞速发展，进而使得食品卫生标

准、准则和规范的制定更具科学性和透明度。

与不少人的设想相反，食品安全问题与一些急性传染病对人体健康的危害不同，并不随着国民经济的发展、技术水平的提高以及人民生活水平的提高而“自然”得到解决。相反地，由于食物生产的工业化和新技术的采用以及对食物中有害因素的新认识，在食物腐败变质等传统的食品卫生问题已得到基本解决的发达国家中出现了二噁英污染、疯牛病、O157：H7 大肠埃希菌中毒、单核细胞增多性李斯特杆菌、隐孢子虫中毒、兽药（包括激素）残留、霉菌毒素污染等新问题。同时，一些传统的食品卫生问题也不断重新涌现，如沙门菌对禽肉类的污染而造成沙门菌食物中毒即使在西方国家中也呈明显的上升趋势。另一些老污染物由于科学家对之有了新的认识而需要新的对策。这方面的典型例子是铅。尽管随着工业化的发展，一些老的铅污染来源（如印刷、罐头食品、汽油）已经明显减少，但是，近来的研究结果表明铅对神经系统有很强的毒性，很少量的铅就可影响儿童神经系统的生长、发育。

当前食品污染问题涉及急性食源性疾病以及具有长期效应的慢性食源性危害。急性食源性疾病包括食物中毒、肠道传染病、人畜共患传染病、肠源性病毒感染以及经肠道感染的寄生虫病等。我国各级疾病预防控制机构始终将预防食源性疾病作为一项重要的经常性工作。由于急性食源性疾病的病因、临床症状、诊断以及流行病学特征一般比较明确，故预防措施也比较确定。从全球范围来说，急性食源性疾病的总体发病率有所下降，这与积极开展食品安全监督、加强卫生宣传教育和提高消费者的知识水平有关。慢性食源性危害包括食物中有毒、有害物质引起的对代谢和生理功能（包括免疫功能）的干扰、致癌、致畸、致突变等作用对健康的潜在性损害。食品中天然存在的有害物质，或自身固有，或来自外界污染，尚有一些与加工、烹调、处理食品的不当有关。这些有毒、有害物质在食品中的含量常常甚微，故短期摄入不会出现损害，只有长期摄入才可能造成健康损害。由于经常性的食品安全监控工作已经步入正轨、效果显著，急性食源性疾病发病率在逐渐降低，检测和监督的重点有向慢性食源性危害转移的趋势。近年来，慢性食源性危害正在日益受到重视。国际食品安全的管理模式强调“从农田到餐桌”全过程管理，即以预防为主的原则来减低食源性危害。食源性危害可以从农田（或养殖场）进入食物链（如农药、兽药、工业污染物），而这些危害存在于消费供应链的每一个环节，并有可能逐渐增加。要控制食品安全问题，就需从食品原料到消费供应链的每一阶段进行全盘考虑，进而在食品生产中监测关键控制点（即污染危险性最高的地方）从而最有效地解决问题。食品污染在不同的经济发展时期具有不同的表现形式，工业化进程会不断出现新的环境污染物，科技发展会出现食品加工新的技术和新的产业。某些新技术（如转基因食品）可以增加农业产量和生产更安全的食品，但需向消费者展示其带来的益处和安全性，这样才能被消费者接受。

显然，对风险与获益两个方面的充分、全面的认识与理解，是确保食品安全性合理对策的前提。其中，对食品中可能含有的危害成分的风险评价及其相应的风险控制，则是一项基础性的工作，需要遵循严格的方法、技术、工作程序和机构上的支持与保证。

2. 食品污染的主要因素

进入 20 世纪 80 年代以后，全球环境进一步恶化，影响广、范围大、危害严重的重大污染事件多次发生。大量人工制取的化合物（包括有毒物质）进入环境，在环境中经扩

散、迁移、转化和累积，不断地恶化环境，可以说，今天的地球上已没有一块干净的土地。栖息在爱尔兰海上的海鸟，体内含有高浓度的多氯联苯；荒无人烟的南极大陆上生长的企鹅体内也测到了 DDT 存在；北极附近格陵兰冰盖层中，近几十年来铅和汞的含量在不断上升！

造成环境污染的因素大体上可分为物理的（噪声、振动、热、光辐射及放射性等）、生物的（微生物、寄生虫等）和化学的（重金属、有机物等）三方面，而其中化学物质引起的环境污染要占到约 80% ~ 90%。

当环境污染时，可造成食物链的污染并可经生物作用加大污染程度。

在自然界，一种生物相继以另一种生物为食物，并提供简单到复杂的食物能量转移所构成的生物序列称为**食物链**。

环境中的污染物经过食物链，从低等生物向高等生物转移，每转移一种生物，污染物浓度明显升高的现象，称为**生物浓集作用**。

食品中诸多不安全因素可能存在于食物链的各个环节，主要表现在以下几个方面：

- (1) 生物性污染，如微生物、寄生虫等；
- (2) 化学性污染，如有机污染物、农药、兽药的残留等；
- (3) 新开发的食品资源（如转基因食品）及新工艺产品（如放射线照射食品）；
- (4) 食品中存在的天然毒素；
- (5) 食品的烹饪过程、加工和贮藏过程中产生的毒素；
- (6) 食品包装材料；
- (7) 食品掺伪；
- (8) 其他。

在整个生产、流通和消费过程中，都可能因管理不善而使病原菌、寄生虫孳生及生物毒素进入人类食物链中。

有机污染物中的二噁英、多环芳烃、多氯联苯等工业化合物及副产物，都具有毒性，并可在环境和食物链中富集的特点，对食品安全性威胁极大。前苏联发生的切尔诺贝利核泄漏事故，使几乎整个欧洲都受到核沉降的危害，首当其冲的是牛羊等草食动物。

农药、兽药、饲料添加剂对食品安全性产生的影响，已成为近年来人们关注的焦点。农业生产中滥用农药，导致害虫抗药性的增强，迫使人们加大农药的用量，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。食品添加剂对人体的毒性概括起来有致癌性、致畸性和致突变性。这些毒性的共同特点是要经历较长时间才能显露出来，即可对人体产生潜在的毒害。食品添加剂还具有积贮和叠加毒性，本身含有的杂质和在体内进行代谢转化后形成的产物等，也给食品添加剂带来了很大的安全性问题。

食品的烹饪过程中因高温而产生的多环芳烃、杂环胺都是毒性极强的致癌物质。食品加工过程中使用的机械管道、锅、白铁管、橡胶管、铝制容器及各种包装材料等，也有可能将有毒物质带入食品。

用荧光增白剂处理的纸作包装材料，纸上残留有毒的胺类化合物易污染食品；不锈钢

器皿存放酸性食品时间较长溶出的镍、铬等也可污染食物。

食物贮藏过程产生的过氧化物、龙葵碱和醛、酮类化合物等，也给食品带来了很大的安全性问题。

剂量过大的放射线照射食品可造成致癌物、诱变物及其他有害物质的生成，并使食品营养成分被破坏。

人类对基因工程食品的安全性问题至今还了解不多，其安全性问题还需要进一步研究确证。

3. 食品安全性评价

(1) 食品安全性评价基本原理 是运用毒理学动物试验结果，结合人群流行病学调查资料来阐述食品中某种特定物质的毒性及潜在危害，对人体健康的影响性质和强度，预测人类接触后的安全程度。

食品的安全性评价主要目的是评价某种食品是否可以安全食用。具体就是评价食品中有关危害成分或者有害物质的毒性以及相应的风险程度，这就需要利用足够的毒理学资料确认这些成分或物质的安全剂量。食品安全性评价在食品安全性研究、监控和管理方面具有重要的意义。

食品安全性评价是在人体试验和判断识别的基础上发展起来的，是风险分析的基础。食品安全性评价中采用的毒理学评价适用于评价食品生产、加工、保藏、运输和销售过程中使用的化学和生物物质以及在上述过程中产生的和污染的有害物质，也适用于评价食品中其他有害物质。食品安全性评价工作是一个新兴的领域，对其评价方法仍然在不断研究、不断完善之中。在实际应用当中可能会存在一些不同的观点，也是在所难免的。

(2) 食品安全的毒理学评价程序 食品中有毒物质的毒理学数据主要从动物毒理学试验中获得。毒理学是研究外源性化学物质对生活有机体的有害作用的一门应用科学，其主要任务是对接触外源化学物进行安全评价。

毒物是指较小剂量就可干扰和破坏生物体的动态平衡，甚至导致生物体死亡的化学物质。有毒物质主要通过化学损伤使生物体遭受损伤。如有机磷酸酯类农药可抑制胆碱酯酶的活性，使生物体内的乙酰胆碱大量积累，从而导致生物体的极度兴奋甚至死亡。按照毒物的毒性强弱可分为剧毒、高毒、中毒、低毒、微毒等。一般来说，毒物与非毒物之间没有严格的界限。同一种化学物质，由于使用剂量、对象及方法不同，可能是毒物，也可能是非毒物。如人体对硒的安全摄入为每日 5~200 μg ，当摄入量低于 50 μg 时可能会导致心肌炎、克山病、免疫力下降等疾病；但是，当摄入量超过 200 μg 时，可能会导致中毒，若每日摄入量超过 1mg，则可能导致死亡。

毒理学研究方法有体外试验、整体试验。体外试验又分为微生物体外试验和哺乳动物体外试验；哺乳动物体外试验研究分为几种不同的水平：器官水平——毒物代谢研究；细胞水平——中毒机理探讨；亚细胞水平——毒物引起损伤的亚细胞定位方面有很重要意义；分子水平——遗传毒性、慢性毒性方面有重要意义。整体试验按染毒的持续时间不同可分为：急性、亚急性、亚慢性、慢性毒性试验。

食品毒理学是一门研究存在或可能存在于食品中称为毒物的小分子物质的种类、含量、分布范围、毒性及其毒性反应机理的科学。其作用是从毒理学的角度研究食品中所含的内源化学物质或可能含有的外源化学物质对食用者的毒性作用机理，检验和评价食品

(包括食品添加剂)的安全性或安全范围,从而确保人类健康。现代食品毒理学着重通过化学或生物学领域的理论知识寻找毒性反应的详细机理,并研究特定物质产生的特定的化学或生物反应机制,为食品安全性评价和监控提供详细和确凿的理论依据。1994 年和 1995 年我国颁布和实施了《食品安全性毒理学评价程序和方法》标准和《食品卫生法》,为我国食品质量和安全性提供了法律和行政上的保障。

毒理学的一个基本原则是对物质的毒性进行定量。无论物质的毒性作用是通过何种机制产生的,一般在一定的剂量范围内,效应总是与该有毒物质的剂量成比例的,同一种物质的毒效应随着剂量的增加,显示出相应的规律性变化,这就是剂量-效应关系。

一般来说,任何一种有毒物质对于一群实验动物来说,都存在着无作用水平 (no observe effect level, NOEL), 毒物的剂量在这一水平不会对实验动物产生任何特定的毒性反应。但是,当剂量超过这一水平时,就可能使个别或部分动物出现某些特定的毒性反应,随着剂量的加大,产生这些特定毒性反应的动物数会随之增加。当剂量增加到一定水平时,能够使产生这些特定毒性反应动物数达到最多,此时该群动物对毒物的反应性也最高,这时的毒物剂量就是能够引起实验动物死亡的平均剂量。通过将试验动物进行毒理学试验获得的 NOEL 数据外推到人,可计算出人**每日允许摄入量** (acceptable daily intake, ADI), ADI 指人长期每日摄入该物质,对其健康来说检测不到任何急性、慢性有毒作用的剂量。单位: $\text{mg}/(\text{kg 体重} \cdot \text{d})$ 。ADI 等于 NOEL 除以安全系数,安全系数一般定为 100。ADI 实际上是人的最大无作用剂量。NOEL 也可用于计算化学物的急性和慢性毒性在食品中的暴露水平,食品中某物质的含量低于该阈值时,则基本可认为该物质不会引起毒性反应。但是,致癌物的 ADI 一般用最大耐受剂量 (maximum tolerated dose, MTD) 表示。MTD 数据需要采用不同剂量致癌物质进行动物试验来确定。

按照剂量-效应关系,在一定的剂量范围内,同一种毒物随着摄入量的增加,其毒效应对剂量可出现累积效应,可用累积-剂量效应曲线表示。累积效应可分为量反应和质反应两种,前者如血压、血糖的水平,效应出现的时间长短可用具体数值表示,而对肌肉舒缩、神经冲动强弱等,则可用最大反应的百分率来表示。质反应在毒性测定中,往往表现为死亡、生存效应的阳性率不同。如果以某一特定反应的累加阳性率或死亡率为纵坐标,以对数剂量为横坐标,则可得到一条 S 形曲线。这一曲线即为累积-剂量响应曲线。在该曲线上的任何一点均可标示出该毒物在该剂量时的毒性情况,其中,最重要的参数是**半数致死剂量** (median lethal dose, LD_{50})。 LD_{50} 是指能使供试动物 50% 死亡的剂量,单位为 $\text{mg}/\text{kg 体重}$ 。 LD_{50} 是衡量化学物质急性毒性大小的基本数据。毒理学试验中常利用 LD_{50} 对试验条件类似的许多化学物质的相对毒性的强弱进行比较。

一般而言,对动物毒性很低的物质,对人的毒性也很低。对同一种毒物来说,剂量越大,则毒性越大。而不同物质的 LD_{50} 差异也很大, LD_{50} 越大,则表明其毒性越小,反映在食品方面,则表明其安全性越高。反之,则食品的安全性越低。例如,已知最具毒性的物质之一的肉毒梭菌毒素的 LD_{50} 约为 $100\text{ng}/\text{kg 体重}$;而氯化钠的 LD_{50} 约为 $40\text{g}/\text{kg 体重}$,需要消费大量的氯化钠才可以产生毒性。需要清楚的是, LD_{50} 等急性毒性指标并不能反映出化学物质对人健康可能具有的潜在危害。这就常常需要通过进一步的长期或慢性毒性试验来探寻。对一些急性毒性很小或根本检测不出急性毒性的致癌物质来说,需要长期少量摄入才可能诱发癌的发生。我国卫生部 1994 年在《食品安全性毒理学评价程序和方法》中将各种物质按其

对大鼠口服 LD₅₀ 的大小分为极毒、剧毒、中毒、低毒、实际无毒、无毒 6 大类。

毒理学研究并不意味着就能直接应用于人。从实验动物获得的毒理学数据外推到人群进行定量的风险评价时，常常需要三个重要的假设：实验动物和人群的反应性要相似；（高）实验暴露的反应与人的健康有关，并可外推到环境暴露（包括食品摄入）水平；动物试验能够表现出被检物的所有反应特性，这种物质对人有潜在的毒副作用。通常在进行定量风险性评价时可能有很大大程度的不确定性。从毒理试验获得的数据有限时，就需要运用流行病学方法进行分析。

和毒理学相比，流行病学是一门观察科学。它存在暴露和反应的时间差问题，有可能当人们已经暴露于某一危害物时流行病学还未能观察出结果。因此，对于新出的化学物质，通过流行病学观察常常是没有用的，还需要依靠毒理学方法进行研究。

按照 1994 年我国卫生部颁发的《食品安全性毒理学评价程序和方法》（GB 15193.1 ~ 15193.19—1994）以及目前关于食品安全性评价方法的研究进展，对食品安全性进行评价时需要以下四个阶段的试验（不包括初步工作）：

① 急性毒性试验；② 遗传毒理学试验；③ 亚慢性毒性试验（90d 喂养试验、繁殖试验、代谢试验）；④ 慢性毒性试验（包括致癌试验）。

对不同的物质进行毒理学评价时，可根据具体情况选择全部或部分试验。

凡属我国创新的物质，特别是其化学结构提示有慢性毒性、遗传毒性或致癌作用的，或产量大、使用面广、摄入机会多的，必须进行全部四个阶段的毒理学试验。同时，在进行急性毒性试验、90d 喂养试验及慢性毒性（包括致癌）试验时，要求用两种动物。

凡属和已知物质（指经过安全性评价并允许使用者）的化学结构基本相同的衍生物或类似物，则可进行前三阶段试验，并根据试验结果决定是否需要进行第四个阶段试验。

凡属我国仿制而又有一定毒性的已知化学物质，世界卫生组织对其已公布每人每日允许摄入量（ADI）的，同时我国的生产单位又有资料证明其产品质量规格与国外产品一致时，则可以先进行第一、第二阶段试验。如果产品质量或试验结果与国外资料一致，一般不要求继续进行毒性试验。如果产品质量或试验结果与国外资料不一致，还应进行第三阶段试验。对农药、添加剂、高分子聚合物、新食品资源、辐射食品等还有更详细的要求。

确定食品中某种有害物的新的限量指标时，一般按以下程序进行安全性评价和指标研制：

- ① 通过化学分析法确定该物质的理化特性；
- ② 应用生物医学方法，对该物质进行动物毒理学安全性评价；
- ③ 整理和评估前述资料，确定该物质的每日允许摄入量（ADI）；
- ④ 检测和分析该物质在各种可能受污染的食品中的实际含量，必要时还要对食品生产加工、食品原料种植（养殖）中的污染源进行调查；
- ⑤ 采用膳食调查方法，评估人体通过食品对该物质的日摄入量，并与 ADI 比较；
- ⑥ 确定食品中该物质的限量指标。

我国食品卫生标准中对于有害化学物质的确定过程通常是：

- ① 动物毒性试验；
- ② 确定动物最大无作用剂量；
- ③ 确定人体每日允许摄入量；

- ④ 确定一日食物中的总允许量；
- ⑤ 确定该物质在每种食品中的最高允许量；
- ⑥ 制定食品中的允许标准。

对微生物指标的制定程序基本相同，只是在制定时对采集样本的要求更为严格。

二、无公害食品、绿色食品和有机食品

1. 绿色食品

绿色食品是遵循可持续发展原则，按照特定生产方式生产，经专门机构认定，许可使用绿色食品标志商标的无污染的安全、优质、营养类食品。

绿色食品必须同时具备以下条件：

- (1) 产品或产品原料产地必须符合绿色食品生态环境质量标准；
- (2) 农作物种植、畜禽饲养、水产养殖及食品加工必须符合绿色食品的生产操作规程；
- (3) 产品必须符合绿色食品质量和卫生标准；
- (4) 产品外包装必须符合国家食品标签通用标准，符合绿色食品特定的包装、装潢和标签规定。

绿色食品特定的生产方式是指按照标准生产、加工；对产品实施全程质量控制；依法对产品实行标志管理。

无污染、安全、优质、营养是绿色食品的特征。无污染是指在绿色食品生产、加工过程中，通过严密监测、控制，防范农药残留、放射性物质、重金属、有害细菌等对食品生产各个环节的污染，以确保绿色食品产品的洁净。绿色食品的优质特性不仅包括产品的外表包装水平高，而且还包括内在质量水准高；产品的内在质量又包括两方面：一是内在品质优良，二是营养价值和卫生安全指标高。为确保绿色食品产品无污染、安全、优质、营养的特性，开发绿色食品有一套较为完整的质量标准体系。绿色食品标准包括产地环境质量标准、生产技术标准、产品质量和卫生标准、包装标准、储藏和运输标准以及其他相关标准，它们构成了绿色食品完整的质量控制标准体系。为与一般的普通食品区别开，绿色食品由统一的标志来标识。绿色食品标志由特定的图形来表示。绿色食品标志图形由三部分构成：上方的太阳、下方的叶片和蓓蕾。标志图形为正圆形，意为保护、安全。整个图形描绘了一幅明媚阳光照耀下的和谐生机，告诉人们绿色食品是出自纯净、良好生态环境的安全、无污染食品，能给人们带来蓬勃的生命力。绿色食品标志还提醒人们要保护环境和防止污染，通过改善人与环境的关系，创造自然界新的和谐。

绿色食品标志管理的手段包括技术手段和法律手段。技术手段是指按照绿色食品标准体系对绿色食品产地环境、生产过程及产品质量进行认证，只有符合绿色食品标准的企业和产品才能使用绿色食品标志商标。法律手段是指对使用绿色食品标志的企业和产品实行商标管理。绿色食品标志商标已由中国绿色食品发展中心在国家工商行政管理局注册，专用权受《中华人民共和国商标法》保护。

2. 无公害食品

无公害食品是按照无公害食品生产和技术标准和要求生产的、符合通用卫生标准并经有关部门认定的安全食品。严格来讲，无公害食品应当是普通食品都应当达到的一种基本

要求。标准主要包括无公害食品行业标准和农产品安全质量国家标准，二者同时颁布。无公害食品行业标准由农业部制定，是无公害农产品认证的主要依据；农产品安全质量国家标准由国家质量技术监督检验检疫总局制定。

(1) 无公害食品行业标准 建立和完善无公害食品标准体系，是全面推进“无公害食品行动计划”的重要内容，也是开展无公害食品开发、管理工作的前提条件。农业部2001年制定、发布了73项无公害食品标准，2002年制定了126项、修订了11项无公害食品标准，2004年又制定了112项无公害标准。无公害食品标准内容包括产地环境标准、产品质量标准、生产技术规范和检验检测方法等，标准涉及120多个（类）农产品品种，大多数为蔬菜、水果、茶叶、肉、蛋、奶、鱼等关系城乡居民日常生活的“菜篮子”产品。

无公害食品标准以全程质量控制为核心，主要包括产地环境质量标准、生产技术标准和产品标准三个方面，无公害食品标准主要参考绿色食品标准的框架而制定。

① 无公害食品产地环境质量标准：无公害食品的生产首先受地域环境质量的制约，即只有在生态环境良好的农业生产区域内才能生产出优质、安全的无公害食品。因此，无公害食品产地环境质量标准对产地的空气、农田灌溉水质、渔业水质、畜禽养殖用水和土壤等的各项指标以及浓度限值做出规定，一是强调无公害食品必须产自良好的生态环境地域，以保证无公害食品最终产品的无污染、安全性，二是促进对无公害食品产地环境的保护和改善。

无公害食品产地环境质量标准与绿色食品产地环境质量标准的主要区别是：无公害食品同一类产品不同品种制定了不同的环境标准，而这些环境标准之间没有或有很小的差异，其指标主要参考了绿色食品产地环境质量标准；绿色食品是同一类产品制定一个通用的环境标准，可操作性更强。

② 无公害食品生产技术标准：无公害食品生产过程的控制是无公害食品质量控制的关键环节，无公害食品生产技术操作规程按作物种类、畜禽种类等和不同农业区域的生产特性分别制定，用于指导无公害食品生产活动，规范无公害食品生产，包括农产品种植、畜禽饲养、水产养殖和食品加工等技术操作规程。从事无公害农产品生产的单位或者个人，应当严格按照规定使用农业投入品。禁止使用国家禁用、淘汰的农业投入品。

无公害食品生产技术标准与绿色食品生产技术标准的主要区别是：无公害食品生产技术标准主要是无公害食品生产技术规程标准，只有部分产品有生产资料使用准则，其生产技术规程标准在产品认证时仅供参考，由于无公害食品的广泛性决定了无公害食品生产技术标准无法坚持到位。绿色食品生产技术标准包括了绿色食品生产资料使用准则和绿色食品生产技术规程两部分，这是绿色食品的核心标准，绿色食品认证和管理重点坚持绿色食品生产技术标准到位，也只有绿色食品生产技术标准到位才能真正保证绿色食品质量。

③ 无公害食品产品标准：无公害食品产品标准是衡量无公害食品终产品质量的指标尺度。它虽然跟普通食品的国家标准一样，规定了食品的外观品质和卫生品质等内容，但其卫生指标不高于国家标准，重点突出了安全指标，安全指标的制定与当前生产实际紧密结合。无公害食品产品标准反映了无公害食品生产、管理和控制的水平，突出了无公害食品无污染、食用安全的特性。

无公害食品产品标准与绿色食品产品标准的主要区别是：二者卫生指标差异很大，