



“十一五”高等学校通用教材（食品类）

# 食品毒理学

李建科 主编

SHIPIN  
DULIXUE



中国计量出版社  
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”高等学校通用教材(食品类)

---

Shipin Duli Xue

---

# 食品毒理学

李建科 主编



中国计量出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品毒理学/李建科主编. —北京:中国计量出版社,2007.2

“十一五”高等学校通用教材. 食品类

ISBN 978-7-5026-2579-5

I. 食… II. 李… III. 食品-毒理学-高等学校-教材 IV. R994.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 003746 号

## 内 容 提 要

本教材以系统性、科学性、新颖性和普遍适用性为原则,在系统介绍食品毒理学基本概念、原理和方法的基础上,理论联系实际,全面介绍了与食品安全相关的毒理学问题。同时,力求反映毒理学研究和安全性评价的最新进展,力求将相关学科的最新技术应用到食品毒理学研究中来。

全书共分二十章。第一章至第二章阐述学科定义、术语;第三章至第五章论述毒物的体内过程、毒物动力学及毒理机制;第六章至第十章介绍食品安全性毒理学试验方法、安全性评价程序和规范、食品中有毒有害物质安全限量标准制定的方法、步骤和风险评估;第十一章至第十九章分别介绍食品中天然存在的有毒有害物质、外源性危害物(包括食品添加剂,农药、兽药残留,有害元素、霉菌毒素加工污染,食品容器和包装材料等)的毒理学问题、安全标准及预防和控制措施;第二十章介绍食品毒理学流行病学调查方法。此外,附录中还介绍了食品毒理学的主要实验,列出了常用重要毒理学计算用表。

本书可作为大专院校食品科学、食品工程、粮油加工、食品质量与安全、食品检验、卫生检验、外贸商检、畜(水)产加工、兽医卫检和预防医学等专业的教材;亦可作为农业、轻工、生物、医药卫生、环境保护等各学科方向的有关研究人员、研究生、专业技术人员及食品监督检验和管理人员的参考书。

---

## 中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲2号(邮编 100013)  
电 话 (010)64275360  
网 址 <http://www.zgjl.com.cn>  
发 行 新华书店北京发行所  
印 刷 北京市密东印刷有限公司  
开 本 787mm × 1092mm 1/16  
印 张 24.5  
字 数 611 千字  
版 次 2007年2月第1版 2007年2月第1次印刷  
印 数 1—3 000  
定 价 42.00 元

---

如有印装质量问题,请与本社联系调换  
版权所有 侵权必究

# — 教 材 编 委 会 —

主任 陈宗道 刘国普

副主任 刘宝兰 汪志君 陆兆新 徐幸莲

委员 (按姓氏笔画排序)

邓少平 邓尚贵 王承明 王金华

艾志录 田呈瑞 李冬生 李建科

李保忠 肖作兵 吴 坤 励建荣

周才琼 周玉林 郑永华 孟岳成

段玉峰 姜发堂 胡秋辉 姚晓玲

徐 焱 高向阳 顾瑞霞 黄 文

屠 康 曾凡坤 韩永斌 董明盛

彭增起 蒋子箭 阚建全

策 划 刘宝兰 李保忠

# — 本 书 编 委 会 —

主 编 李建科  
(陕西师范大学)

副主编 李引乾  
(西北农林科技大学)

参 编 张海彬 (南京农业大学)

孙 震 (江南大学)

姚晓敏 (上海交通大学)

刘国艳 (上海交通大学)

张晓东 (南京农业大学)

周玉林 (南京农业大学)

邹文辉 (西北民族大学)

冯再平 (兰州理工大学)

陈 颖 (河南工业大学)

乌日娜 (北方民族大学)

# 编写说明

---

近年来,随着食品科技的迅速发展和食品新产品的不断推出,人们不仅对各类食品的安全使用问题日益重视,而且对与食品安全相关的各类知识也进一步投入精力进行关注。另一方面,为了保障与人们生命和生活息息相关的各类食品的使用安全,政府的相关部门也投入很大力度进行食品生产各环节的监管。截至 2005 年 6 月,经过各食品相关主管部门的不懈努力,已基本形成并明确了卫生与农业主管部门抓原材料监管、质监部门抓各类食品生产环节的监管、工商部门从事食品成品监管的制度完善的食品监管体系。

目前,食品质量问题已成为全社会关注的焦点。为了适应当前的经济发展,从根本解决与食品质量相关的各类实际问题,我们需要从最基础的专业教育抓起。这就对我国高校食品类各专业的教育工作提出了进一步的要求。

当前,食品行业的快速发展和结构性调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更加具体的要求。因此,为了进一步提高食品专业教材的编写水平,以适应市场对素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才的需求,由中国计量出版社牵头组织了食品质量与安全及食品科学与工程专业高校教材的编写与出版工作。此次教材的编写与出版工作旨在为各食品类相关院校在教材建设方面的信息交流搭建一个平台,以促进各院校之间在教学内容方面相互取长补短,从而使该套教材的参编与使用院校的课程设置更趋合理化,最终培养出更加适应当前社会经济发展的应用型人才。为了达到这一要求,我们严把教材写作质量关,尽可能地将参编教师的丰富教学经验很好地融入教学理论体系之中,从而推出教师好教、学生好用的优秀教材。为此,我们特别邀请了西南大学(原西南农业大学)、南京农业大学、华中农业大学以及解放军第三军医大学等多所知名高校及科研机构的专家担当相关教材的主编或主审,从事教材的编写与审稿工作,从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广并且与国际接轨的好教材提供了必要的保障,以满足食品专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内食品安全体系建设的迫切需要。

本次教材的编写尤其注重了理论体系的前沿性, 不仅将食品科技发展的新理论合理融入教材中, 而且使读者通过教材的学习可以深入把握国际食品科技发展的全貌, 这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出必将会推动我国食品工程类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展, 从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2007年1月

# 前 言

## • FOREWORD •

食品安全是关系到人体健康与生命安全,关系到经济发展、社会稳定和对外贸易的大事。随着我国经济建设步伐的日益加快、人民生活水平和健康意识的不断提高,以及我国加入 WTO、参与国际经济循环,尤其是食品和农产品国际贸易的日益扩大,食品安全问题已成为国内外关注的焦点。为了适应当前的社会与经济发展,研究和解决与食品安全相关的各类理论及实际问题,需要从最基础的专业教育和人才培养抓起。《食品毒理学》是食品安全评价的方法学和理论基础,是食品科学与工程、食品卫生检验、食品质量与安全等专业的重要必修课。但由于长期以来,食品毒理学方面尚未见到较为适用的高校教材,给教学工作带来很大的困难,有些学校因此而无法开设该门课程。许多相关院校都希望尽快编写和出版一本具有普遍适用性的《食品毒理学》教材,以应教学和人才培养之急需。因此,在 2005 年中国计量出版社食品类高等学校教材编写会议上本书被确定为规划出版的 22 本食品类教材之一。

近年来,相关学科的发展为基础毒理学注入了新的活力,也为食品毒理学的形成和完善奠定了坚实的基础,社会对食品安全的要求又有力地推动了该门学科的发展。本教材编写以系统性、科学性、新颖性和普遍适用性为原则,在系统介绍食品毒理学基本概念、原理和方法的基础上,力求反映毒理学研究和安全性评价的最新进展,力求将相关学科的最新技术应用到食品毒理学研究中来。例如,毒物动力学理论与研究方法、现代分子生物学技术在食品毒理学中的应用、毒理学流行病学调查与研究方法、危险度评估、风险管理和限量标准制定的原则与方法等章节,拓展了交叉学科研究成果在食品毒理学领域的应用。为了便于使用,还编写了的相关实验内容和有用的附表。本书编写人员均为各院校本学科领域教师,大多数是



具有博士学位的中青年教师,具有本领域教学与科研的丰富经验。各章节编写分工如下:李建科,第一章、第二章、第六章、第十章、附录1、附录2中表2-1~2-8;姚晓敏,第三章、第十七章;李引乾,第四章、第五章;孙震,第七章、第十一章;冯再平,第八章、第十九章;张晓东,第九章;陈颖,第十二章、第十三章;刘国艳,第十四章;乌日娜,第十五章;邹文辉,第十六章、第十八章;张海彬、周玉林,第二十章。

本书可作为食品科学与工程类各专业及预防医学类专业本科生、研究生教材,同时,亦可作为相关研究人员、管理人员的参考书。由于各学校的教学计划和课时数不尽相同,在教学过程中,各学校可根据具体情况取舍教学内容,亦可根据具体条件和需要选做实验。

由于我们水平有限,加之编写时间仓促,难免存在许多缺点和错误,恳请读者、同行和教材使用院校的师生提出宝贵意见和建议,以便我们今后改正和进一步完善。

李建科

2007年1月18日于西安

# 目 录

## • CONTENTS •

第一章 绪论 .....	( 1 )
第二章 食品毒理学基本概念 .....	( 13 )
第一节 关于毒物、毒性与毒作用 .....	( 13 )
第二节 剂量—反应(效应)关系 .....	( 18 )
第三节 毒性的表示方法 .....	( 21 )
第四节 食品中残留物与残留限量 .....	( 23 )
第五节 安全性评价及危险度评估 .....	( 29 )
第三章 毒物的体内过程 .....	( 32 )
第一节 生物膜与毒物转运 .....	( 32 )
第二节 毒物的吸收 .....	( 36 )
第三节 毒物的分布 .....	( 38 )
第四节 毒物的排泄 .....	( 43 )
第五节 毒物的生物转化 .....	( 45 )
第六节 影响生物转化的因素 .....	( 53 )
第四章 毒物动力学 .....	( 57 )
第一节 基本概念 .....	( 57 )
第二节 动力学模型 .....	( 61 )
第五章 化学物质的毒理机制 .....	( 88 )
第一节 化学物质的一般毒性作用机制 .....	( 88 )
第二节 化学物质毒作用的分子机制 .....	( 100 )
第三节 化学物质的结构与毒性的关系 .....	( 113 )

<b>第六章 一般毒性作用及其试验与评价方法</b> .....	(122)
第一节 急性毒性作用及其试验与评价方法 .....	(122)
第二节 亚慢性毒性作用及其试验与评价方法 .....	(134)
第三节 蓄积性毒性作用及其试验与评价方法 .....	(138)
第四节 慢性毒性作用及其试验与评价方法 .....	(143)
第五节 联合毒性作用的评价 .....	(146)
<b>第七章 特殊毒性作用及其试验与评价方法</b> .....	(149)
第一节 生殖发育毒性及其试验与评价方法 .....	(149)
第二节 致突变作用及其试验与评价方法 .....	(159)
第三节 致癌作用及其试验与评价方法 .....	(166)
<b>第八章 毒理学评价的分子生物学方法</b> .....	(174)
第一节 亚细胞组分的制备 .....	(174)
第二节 核酸的提取与制备 .....	(177)
第三节 基因突变分析与 PCR 检测 .....	(179)
<b>第九章 食品毒理学安全性评价程序与规范</b> .....	(191)
第一节 食品毒理学安全性评价概述 .....	(191)
第二节 食品安全性毒理学评价程序 .....	(194)
第三节 毒理学安全性评价的规范化 .....	(197)
<b>第十章 食品中有毒有害物质限量标准的制定及风险</b>	
<b>评估和管理</b> .....	(199)
第一节 食品中有毒有害物质限量标准制定的意义与现状 .....	(199)
第二节 食品中有毒有害物质限量标准制定的方法与步骤 .....	(201)
第三节 有关国际组织对食品中残留物安全限量制定的方法 和工作程序 .....	(205)
第四节 食品中有毒有害物质的风险评估和管理 .....	(208)
<b>第十一章 食品中天然存在的有毒物质</b> .....	(212)
第一节 食品中天然存在的酶类抑制剂 .....	(212)
第二节 食品中天然存在的有毒蛋白质 .....	(213)
第三节 食品中天然存在的有毒生物碱和苷类 .....	(215)
第四节 食品中天然存在的其他有毒有害物质 .....	(222)

<b>第十二章</b>	<b>食品加工过程中形成的有毒有害物质</b> .....	(231)
第一节	苯并[a]芘 .....	(231)
第二节	美拉德反应产物和杂环胺 .....	(234)
第三节	<i>N</i> -亚硝胺 .....	(238)
第四节	丙烯酰胺 .....	(243)
<b>第十三章</b>	<b>食品添加剂的毒理学安全性</b> .....	(248)
第一节	概述 .....	(248)
第二节	抗氧化剂的毒理学安全性 .....	(249)
第三节	发色剂的毒理学安全性 .....	(252)
第四节	防腐剂的毒理学安全性 .....	(253)
第五节	食品着色剂的毒理学安全性 .....	(256)
第六节	赋香剂的毒理学安全性 .....	(260)
第七节	调味剂的毒理学安全性 .....	(261)
<b>第十四章</b>	<b>兽药残留的毒理学安全性</b> .....	(263)
第一节	概述 .....	(263)
第二节	常见兽药残留的毒理学 .....	(264)
第三节	食品中兽药残留的质量安全控制 .....	(274)
<b>第十五章</b>	<b>农药残留的毒理学安全性</b> .....	(276)
第一节	有机氯类农药残留 .....	(276)
第二节	有机磷类农药残留 .....	(277)
第三节	氨基甲酸酯类农药残留 .....	(279)
第四节	拟除虫菊酯类农药残留 .....	(280)
第五节	农药残留检测及质量安全控制 .....	(281)
<b>第十六章</b>	<b>有害元素对食品的污染及其毒理学安全性</b> .....	(284)
第一节	铅 .....	(284)
第二节	汞 .....	(287)
第三节	镉 .....	(290)
第四节	砷 .....	(292)
第五节	氟 .....	(294)
<b>第十七章</b>	<b>霉菌毒素对食品的污染及其毒理学安全性</b> .....	(296)
第一节	概述 .....	(296)

第二节	黄曲霉毒素 .....	(299)
第三节	镰刀菌毒素 .....	(304)
第四节	青霉菌毒素 .....	(311)
<b>第十八章</b>	<b>食品容器和包装材料的毒理学安全性</b> .....	<b>(314)</b>
第一节	塑料包装材料的毒理学安全性 .....	(314)
第二节	食品包装用纸的毒理学安全性 .....	(317)
第三节	橡胶制品的毒理学安全性 .....	(318)
第四节	陶瓷、搪瓷及铝制品的毒理学安全性 .....	(320)
<b>第十九章</b>	<b>其他有毒有害物质对食品的污染及其毒理学安全性</b> .....	<b>(321)</b>
第一节	多环芳香烃类 .....	(321)
第二节	多氯联苯类 .....	(322)
第三节	二噁英类 .....	(324)
<b>第二十章</b>	<b>食品毒理学流行病学调查</b> .....	<b>(329)</b>
第一节	食品毒理学流行病学调查的意义 .....	(329)
第二节	食品毒理学流行病学调查的方法 .....	(330)
第三节	食品毒理学流行病学调查结果的分析 .....	(337)
<b>附录 1</b>	<b>食品毒理学实验</b> .....	<b>(343)</b>
实验一	生物材料的采集和制备 .....	(343)
实验二	实验动物分组、标记与染毒方法 .....	(345)
实验三	LD <sub>50</sub> 测定 .....	(349)
实验四	肝微粒体制备及有关酶活性测定 .....	(352)
实验五	小鼠精子畸形试验 .....	(355)
实验六	小鼠骨髓细胞微核试验 .....	(357)
实验七	骨髓细胞染色体畸变分析 .....	(359)
实验八	沙门氏菌回变试验(Ames 试验) .....	(361)
<b>附录 2</b>	.....	<b>(366)</b>
<b>主要参考文献</b>	.....	<b>(378)</b>

# 第一章 绪 论

## 一、食品毒理学的定义

食品毒理学是大毒理学的一个分支,是借用基础毒理学的基本原理和方法,以研究和解决食品中的毒理学问题为目标,形成了具有自身特点和系统的概念、理论和方法体系的一门新学科。因而,理解食品毒理学的概念应先了解广泛意义上的毒理学或称为大毒理学的概念。

毒理学(toxicology):广泛意义上的毒理学,即大毒理学。传统定义是研究外源性化学物(xenobiotics)对生物体的损害作用(adverse effects)。现代意义上的毒理学概念则更加广泛,其研究范畴包括了化学性、物理性及生物性因素,研究内容涉及上述各种因素对机体的损害作用、生物学机制(biologic mechanisms)、危险度评估(risk assessment)、风险管理(risk management)、安全性评价(safety evaluation)等方面。或者我们可以概括地说,毒理学是研究有毒有害物质对生物机体(包括人体)的损害作用、作用机制、危险度评估及其安全性评价与管理的一门学科。具体的研究内容包括:毒物的来源、化学特性、接触(摄入)途径、毒理学试验方法、毒物的体内过程,毒性特征及毒理机制等诸多方面,还包括化学物的安全性评价和风险评估与管理。

外源性化学物(xenobiotics):是指在人类生活环境中存在,可能与机体接触并进入体内产生危害的一切物质。这些物质天然存在或人为扩散入环境,它们并非人体正常组成成分,也非人体所需的营养物质或人体生理过程所必需,而是对人体或其他生物体产生危害的物质。常见的外源性化学物包括:天然有毒有害物质、农用化学品、工业化学品、日用化学品、药物、食品添加剂、各种环境污染物、重金属元素、生物毒素等。

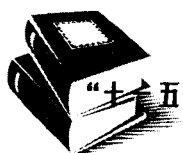
食品毒理学(food toxicology):是大毒理学的一个分支学科,是研究食品中的有毒有害化学物质的性质、来源及对人体的损害作用及作用机制,评价其安全性,并确定其安全限值,以及提出预防管理措施的一门学科。食品毒理学的研究对象除食品中的有毒有害物质外,还应超前介入食品新资源、新产品、新型食品及新工艺的研究开发过程中,研究和解决新产品开发中的一些食品毒理学理论和实际问题。食品毒理学的最终目标是通过安全性毒理学评价,制定安全限量,提出食品中有毒有害物质的预防及管理措施,保障食品安全。

具体来讲,食品毒理学研究内容包括:食品中有毒有害物质的来源(包括外源性和内源性有毒有害物质)、化学成分、理化特性、在食品种的存在形式、摄入途径;人体对这些有毒有害物质的吸收、分布、代谢、转化及排泄过程(即毒物在体内过程);这些有毒有害物质对人体的损害作用、毒性性质及大小、毒理机制及安全限量、管理和预防措施。对特殊毒性作用研究还包括“三致作用”、免疫抑制、行为异常、遗传损害等方面。最终要做出评价结论和制定限量标准。

## 二、食品毒理学的研究方法

### (一)流行病学调查

食品毒理学问题常常具有流行病学特点,如地方性饮食习惯(腌制、烟熏、烧烤等)产生的毒



理学问题,一些食品加工方式产生的毒理学问题,产地环境与当地农产品生产相关联的毒理学问题,新资源食品开发或新品种引种产生的毒理学问题,转基因食品的安全问题,新型保健功能食品的毒理学安全性问题,食品添加剂的使用及新型食品添加剂的毒理学问题,农产品生产过程中化学品的投入带来的毒理学安全性问题等,都具有流行病学的特点。人群流行病学调查的意义在于可以取得人体的直接观察资料,也可为危害因素分析提供线索和指明方向。从本质上讲,食品毒理学与卫生毒理学有许多共同或相似的地方,都属于预防医学的范畴,在研究方法和手段上同样离不开流行病学调查。食品毒理学流行病学调查尚是一个新的命题,可借用医学流行病学调查的原理和方法,同时,也应根据食品毒理学的特点研究和探索新的方法和途径,不断丰富和完善食品毒理学流行病学调查的知识。

## (二) 化学分析

食品毒理学的研究对象主要是一些化学性的危害物,所以应首先明确食品中的有毒有害成分,这就需要采用化学分析的手段。食品中常见的有毒有害成分包括农药残留、兽药残留、化肥残留、食品添加剂残留、环境污染物残留、有害元素残留、生物毒素残留及其他常见食品危害物残留等。食品中的有毒有害成分化学分析主要采用的仪器有气相色谱(GC)、高效液相色谱(HPLC)、气质联用(GC-MS)、液质联用(HPLC-MS)、串联质谱(MS-MS)、原子吸收分光光度计、电耦合等离子体发光分光光度计(ICP)、可见或紫外可见分光光度计及其他一些常规化学分析仪器等。

## (三) 动物试验

动物试验是食品毒理学研究的主要方法和手段。动物试验可分为体内试验(*in vivo* tests)和体外试验法(*in vitro* tests)。

体内试验多采用整体动物进行。使实验动物在一定时间内,按一定的途径接触一定剂量的受试物,观察动物的形态、功能及有关生理生化指标变化,来评定受试物对实验动物的影响。通常评价外来化合物的一般毒性多采用整体动物进行,如急性毒性试验、亚慢性毒性试验、慢性毒性试验、致畸和繁殖毒性试验等。

体外试验多采用动物游离器官、细胞和微生物体进行试验。游离器官多用于器官灌流,即将一定的液体通过血管流经某一脏器,观察脏器在保持生活状态下对受试物的反应,即脏器出现的形态和功能变化及化合物在脏器中的代谢情况。常用灌流器官有肝、肾、肺、脑等脏器。游离细胞可用原代细胞(primary cell)或用经多次传代培养的细胞系(cell line),这一研究层次称为细胞水平(cellular level)。有些试验可用从细胞分离的有关细胞器(organelle),如线粒体、微粒体、内质网等,这一研究层次称为亚细胞水平(sub-cellular level)。

体外试验多用于对受试物损害作用的初步筛选,作用机制及代谢转化过程的深入观察研究。体内试验,即整体水平试验可反映体内复杂过程对毒物的交互作用及综合影响,也就是说,可反映出在毒物体内代谢的真实情况,但由于复杂因素的影响难于分析其过程和机制。

体内、体外试验各有优点和局限性,应根据具体研究目的综合运用。

## (四) 微生物试验系统

利用受试物的诱变作用和微生物的表型变化常作为致突变的一种检测方法。目前,主要用鼠伤寒沙门氏菌基因缺陷型的回复突变试验(*salmonella typhimurium* mutagenicity assay),又称

Ames 氏试验。Ames 试验是检测基因点突变中最为广泛应用的一种微生物系统试验方法,它快速、简便、敏感、检出率高,因而已成为毒理学致突变遗传学终点初筛检测的标准方法,并被各国列为安全性评价的试验内容之一。由于测试系统中加入了大鼠肝微粒体酶( $S_9$ ),从而弥补了体外试验的不足,使体内、体外因素得到了较好的结合。但应指出的是,微生物的遗传信息仅相当于哺乳动物的 1/6,其数量较少,结构亦较简单,而哺乳动物具有较微生物更为复杂和较完善 DNA 修复系统,故突变较易修复;另外,微生物缺乏免疫系统,而哺乳动物具有较完善的免疫系统,因此,微生物系统试验结果与哺乳动物体内实际情况会有一些的差异,故此存在一定的假阴性及假阳性,但仍不失为一种快速筛检方法,也是其他方法的有效补充和相互印证。

#### (五) 安全性评价及安全限量制定

我国的食品安全性毒理学评价是按照卫生部的规范程序组织和安排试验,并按照规范标准做出安全性评价结论。安全限量制定则是根据一系列毒理学试验结果先对受试物定性,决定取舍,再根据该受试物在实验动物上测得的最大无作用剂量(NOEL),采取适当的安全系数外推到人,权衡使用该物质的利弊大小,结合被评价物在各类食物中的出现频度和综合暴露量以及食物系数确定该物质在某一食物中的安全限量。

#### (六) 分子生物学的方法

随着分子生物学技术的发展,一些分子生物学技术和手段正在向毒理学研究领域深入,从分子水平研究和揭示有毒有害物质造成损害的靶点和分子机制。如对遗传损伤位点、受体作用分析,对基因表达调控影响,对蛋白质及酶活性影响等分子水平进行研究和分析。特别是以分析致突变物遗传学终点为目标的一些分子生物学技术可成功应用于毒理学致突变及基因损伤研究领域,为危害物致突变分析、遗传毒性评价、长期低剂量接触潜在危害物的致癌作用预测提供了强有力的手段。此方面的主要进展是:①采用哺乳动物细胞和细菌测试系统,体内试验和体外试验相结合,并在方法学上不断改进;②揭示了突变机制,包括从 DNA 损伤、修复到致突变过程分析,明确了一些化学物的突变位点和突变类型,并用于环境潜在危害物的致癌作用预测;③通过对生殖细胞致突变的研究,用于化学物遗传毒性评价。

鉴于致突变与致癌的高度相关性,致突变的分子生物学检测技术使毒理学致癌检测水平大大提高。随着人类基因组计划的完成,大规模基因测序技术的进一步完善,DNA 芯片技术的发展和实用化等分子生物学技术的进展,对于长期低剂量接触潜在危害物的安全性毒理学评价将会更加快速、灵敏、准确和实用。分子生物学技术和研究手段正在成为毒理学重要的研究方法之一。

### 三、食品毒理学与安全性评价的关系

在阐明食品毒理学与安全性评价的关系之前,有必要首先明确食品毒理学与中毒病学的联系与区别。食品毒理学与中毒病学有密切的联系,但也有重要的区别。中毒病研究的主要是人体一次接触较大剂量、较高毒性化学物后引起的急性临床过程,属于临床医学范畴。中毒病的发生主要是一些意外或人为事故所引起,危害易于察觉,因果关系较为单纯,危害物水平较高,较易检测。而食品毒理学的研究对象往往是以极其微量水平存在于食品中的外源物质,它们随日常膳食而摄入,短期内不呈现危害作用,由于危害作用渐渐产生,不易觉察,因果关系较为隐蔽,另外,由于危害物质成分含量相当低,较难检测。然而,食品中这些以低剂量存在,随食物长期被人





体摄入的外源有害物质,往往危害面更大,危害性质更严重,影响更深远。如可能产生致癌、致畸、致突变作用等。另外,食品中的有些危害物又难以避免,如环境污染物及一些农业生产资料(如化肥、农药、兽药、农膜等)的使用残留于食品中的微量物质。对于这些复杂多样的微量外来化学物是否产生危害?危害性大小如何?危害性质是否可以接受?何种剂量可以接受?就需经过严密而科学的毒理学试验,并结合社会发展现实,权衡利弊做出分析评价结论,提出安全限量标准和管理措施。这就是食品毒理学和安全性评价的关系。可以说,食品毒理学是安全性评价的方法学和理论基础、是手段、是过程;而安全性评价是根据毒理学试验按照一定的判定标准给出评价结论,提出安全限量标准或管理措施,是最终目的,两者是食品毒理学研究内容中密不可分两个部分。需要强调指出的是食品毒理学研究要有超前介入的意识,要有预防为主的理念,使危害发生防患于未然。

#### 四、食品毒理学的学科地位、作用及与其他学科的关系

随着社会经济的发展、人民生活水平的提高和健康意识的增强,以及国际贸易的要求,食品安全问题越来越受到广泛关注和重视。在食品生产与管理过程中,将食品安全问题放在首位已成为人们的共识和对食品的基本要求。作为食品科学各专业,不仅仅掌握食品生产与加工的知识与技能,学习食品毒理学基本理论和方法、掌握安全评价和风险评估与管理知识已必不可少,这对将来无论从事食品加工、开发、贸易、质量安全控制或管理都具有重要意义。近年来,我国已有不少高等学校设置了食品科学与工程专业,有些学校还陆续开设了食品质量与安全专业,这些专业有的已开设或准备开设食品毒理学及安全评价相关课程。随着学科发展的需要,食品毒理学必将成为食品科学与工程、食品卫生检验、食品质量与安全等专业的一门重要专业必修课,在食品科学与工程类专业人才培养中会日益显示出其重要性,并发挥重要作用。

食品毒理学是理论性和实践性均很强的一门学科,它与许多基础学科和食品工程类专业课程有着密切的关系。其中最为密切的有化学、生物学、医学、生物化学、生理学、微生物学、分子生物学、病理学、实验动物学、动物医学、免疫学、遗传学、农药学、植物保护、仪器分析、食品科学、环境科学、数理科学以及公共卫生学乃至经济学与管理学等。

#### 五、食品毒理学的任务和研究内容

##### (一) 学科任务

概括地讲,食品毒理学的任务就是研究食品中有毒有害物质的来源与性质,阐明这些有毒有害物质对人体损害作用的一般规律,评定此种损害作用的大小并做出安全性评价,制定这些有害物质在食品中的卫生限量标准。

##### (二) 研究内容

食品毒理学的研究内容主要包括以下几个方面。

###### (1) 研究毒物的来源与性质

- ①外来化学物:主要指各种途径进入食品中的各种环境污染物。
- ②生物源性:包括细菌、霉菌及其毒素,昆虫、寄生虫及虫卵等。
- ③药物残留:主要包括农药、兽药在农产品及畜水产品中的残留。
- ④内源毒素:主要指食品本身含有的有毒有害物质。一些植物、动物、水产及菌类食物中都