



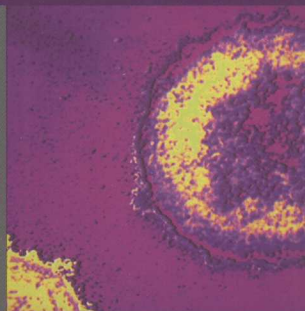
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

[高校教材]

# 食品毒理学

刘 宁 沈明浩 主编

FOOD TOXICOLOGY



中国轻工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等学校食品质量与安全专业适用教材

# 食品毒理学

刘 宁 沈明浩 主 编  
张 波 杨晓泉 周才琼 张泽生 副主编  
罗安伟 赵晓红 袁耀武 黄昆仑 赵 良 参 编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品毒理学/刘宁, 沈明浩主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2008. 6  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-5019-5023-2

I. 食… II. ①刘…②沈… III. 食品卫生—评价—高等学校—教材 IV. R155.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 080394 号

责任编辑: 李亦兵 马 妍 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 过宏雷  
版式设计: 马金路 责任校对: 李 靖 责任监印: 胡 兵

\*

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: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2008 年 6 月第 1 版第 5 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.5

字 数: 541 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-5023-2/TS·2899 定价: 41.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

E-mail: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

· 如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换 ·

80645J4C105ZBW



## 食品质量与安全专业教材编写委员会

主 任 西北农林科技大学

副主任 湖南农业大学  
哈尔滨商业大学  
江苏大学

东北农业大学  
河北科技大学  
杭州商学院

委 员 北京农学院  
西南农业大学  
南京农业大学  
云南农业大学  
中国农业大学  
南京经济学院  
莱阳农学院  
华南理工大学  
大连轻工业学院

上海水产大学  
江南大学

天津科技大学  
吉林大学

吉林农业大学  
浙江大学

陕西科技大学  
中国海洋大学

郑州轻工业学院  
山西农业大学

北京联合大学应用文理学院  
河北农业大学

海南大学  
广西大学

江苏大学  
中国海洋大学

秘书长 西北农林科技大学

杨公明教授

夏延斌教授

马兴胜教授

董英教授

刘宁教授

陈辉教授

邓少平教授

艾启俊教授

陈宗道教授

董明盛教授

葛长荣教授

何计国副教授

鞠兴荣教授

姜连芳教授

李汴生教授

农绍庄教授

宁喜斌副教授

钱和教授

阮美娟副教授

孙永海教授

沈明浩副教授

沈建福副教授

宋宏新教授

汪东风教授

王岁楼教授

王如福教授

张波教授

张伟副教授

易美华教授

文良娟副教授

赵杰文教授

林洪教授

樊明涛教授

## 目 录

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 绪论                                 | ( 1 )  |
| 第一节 食品毒理学概述                        | ( 1 )  |
| 第二节 食品毒理学和食品安全性                    | ( 7 )  |
| 第三节 国外食品安全评价概况                     | ( 11 ) |
| 一、食源性(化学性与生物性)危害关键检测技术现状与发展趋势      | ( 11 ) |
| 二、食源性疾病与危害的监测、溯源和预警技术现状与发展趋势       | ( 13 ) |
| 三、食源性危害的人群接触评估和健康效应的研究现状与发展趋势      | ( 13 ) |
| 四、新技术、新工艺、新资源加工食品的安全性评价的研究现状与发展趋势  | ( 14 ) |
| 五、食品安全控制技术现状与发展趋势                  | ( 14 ) |
| 六、食品安全标准研究现状与发展趋势(包括食品安全战略和技术措施研究) | ( 15 ) |
| 第一篇 食品安全性评价原理基础——基础毒理学             |        |
| 第一章 毒理学基本概念                        | ( 17 ) |
| 第一节 定义和术语                          | ( 17 ) |
| 一、毒物、毒性和毒作用                        | ( 17 ) |
| 二、损害作用与非损害作用                       | ( 23 ) |
| 三、毒效应谱                             | ( 23 ) |
| 四、靶器官                              | ( 24 ) |
| 五、生物学标志                            | ( 24 ) |
| 第二节 剂量、剂量-效应关系和剂量-反应关系             | ( 25 ) |
| 一、剂量                               | ( 25 ) |
| 二、量反应与质反应                          | ( 26 ) |
| 三、剂量-量反应关系和剂量-质反应关系                | ( 26 ) |
| 四、剂量-反应曲线                          | ( 26 ) |
| 第三节 表示毒性的常用指标                      | ( 29 ) |
| 一、致死剂量                             | ( 29 ) |
| 二、阈剂量                              | ( 30 ) |
| 三、最大无作用剂量                          | ( 31 ) |
| 四、毒作用带                             | ( 32 ) |
| 第四节 安全限值                           | ( 33 ) |
| 一、每日允许摄入量                          | ( 33 ) |

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 二、最高容许浓度 .....                 | ( 33 ) |
| 三、阈值 .....                     | ( 33 ) |
| 四、参考剂量 .....                   | ( 33 ) |
| <b>第二章 外源化学物在体内的生物转运</b> ..... | ( 35 ) |
| 第一节 生物转运 .....                 | ( 35 ) |
| 一、被动转运 .....                   | ( 36 ) |
| 二、主动转运 .....                   | ( 37 ) |
| 三、膜动转运 .....                   | ( 38 ) |
| 第二节 吸收 .....                   | ( 39 ) |
| 一、经胃肠道吸收 .....                 | ( 39 ) |
| 二、经呼吸道吸收 .....                 | ( 40 ) |
| 三、经皮肤吸收 .....                  | ( 41 ) |
| 四、经其它途径吸收 .....                | ( 42 ) |
| 第三节 分布 .....                   | ( 42 ) |
| 一、毒物在体内的贮存 .....               | ( 42 ) |
| 二、机体的屏障作用 .....                | ( 43 ) |
| 三、特殊的膜转运机制 .....               | ( 45 ) |
| 第四节 排泄 .....                   | ( 45 ) |
| 一、经肾脏排泄 .....                  | ( 45 ) |
| 二、经肝与胆排泄 .....                 | ( 46 ) |
| 三、经肺和其它途径排泄 .....              | ( 46 ) |
| 第五节 毒物动力学 .....                | ( 46 ) |
| <b>第三章 化学毒物的生物转化</b> .....     | ( 48 ) |
| 第一节 生物转化概述 .....               | ( 48 ) |
| 一、生物转化的意义 .....                | ( 48 ) |
| 二、毒物代谢酶的基本特性 .....             | ( 49 ) |
| 三、毒物代谢酶的分布 .....               | ( 49 ) |
| 第二节 I 相反应 .....                | ( 50 ) |
| 一、氧化作用 .....                   | ( 50 ) |
| 二、还原作用 .....                   | ( 57 ) |
| 三、水解作用 .....                   | ( 59 ) |
| 第三节 II 相反应 .....               | ( 60 ) |
| 一、葡萄糖醛酸结合 .....                | ( 61 ) |
| 二、硫酸结合 .....                   | ( 61 ) |
| 三、乙酰化作用 .....                  | ( 61 ) |
| 四、氨基酸结合 .....                  | ( 62 ) |
| 五、甲基化作用 .....                  | ( 62 ) |
| 六、谷胱甘肽结合 .....                 | ( 62 ) |



|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| ( 第四节 毒物代谢酶的诱导和激活、抑制和阻遏 ..... | ( 63 ) |
| ( 28 一、毒物代谢酶的诱导和阻遏 .....      | ( 63 ) |
| ( 28 二、毒物代谢酶的抑制和激活 .....      | ( 64 ) |
| 第四章 毒作用机制 .....               | ( 65 ) |
| ( 第一节 概述 .....                | ( 65 ) |
| ( 40 一、基本概念 .....             | ( 65 ) |
| ( 20 二、化学毒物产生毒性的可能途径 .....    | ( 65 ) |
| ( 第二节 化学毒物对生物膜的损害作用 .....     | ( 66 ) |
| ( 20 一、化学毒物对生物膜的组成成分的影响 ..... | ( 66 ) |
| ( 20 二、化学毒物对膜生物物理性质的影响 .....  | ( 66 ) |
| ( 第三节 化学毒物对细胞钙稳态的影响 .....     | ( 68 ) |
| ( 110 一、细胞内钙稳态 .....          | ( 68 ) |
| ( 110 二、细胞钙稳态的紊乱与细胞毒性 .....   | ( 69 ) |
| ( 111 三、钙稳态失调的机制 .....        | ( 69 ) |
| ( 第四节 机体内生物大分子氧化损伤 .....      | ( 70 ) |
| ( 118 一、自由基的来源与类型 .....       | ( 70 ) |
| ( 120 二、机体对氧化损伤的防御系统 .....    | ( 71 ) |
| ( 120 三、自由基对生物大分子的损害作用 .....  | ( 72 ) |
| ( 第五节 化学毒物与细胞大分子的共价结合 .....   | ( 74 ) |
| ( 121 一、与蛋白质的共价结合 .....       | ( 74 ) |
| ( 122 二、与核酸分子的共价结合 .....      | ( 75 ) |
| 第五章 影响毒性作用的因素 .....           | ( 77 ) |
| ( 第一节 毒物因素 .....              | ( 77 ) |
| ( 120 一、化学结构 .....            | ( 77 ) |
| ( 121 二、理化性质 .....            | ( 78 ) |
| ( 120 三、不纯物含量 .....           | ( 79 ) |
| ( 120 四、毒物进入机体的途径 .....       | ( 79 ) |
| ( 第二节 环境因素 .....              | ( 80 ) |
| ( 132 一、气温、气湿和气压 .....        | ( 80 ) |
| ( 132 二、季节和昼夜节律 .....         | ( 81 ) |
| ( 133 三、动物笼养形式 .....          | ( 81 ) |
| ( 133 四、毒物的联合作用 .....         | ( 81 ) |
| ( 第三节 机体因素 .....              | ( 82 ) |
| ( 130 一、代谢酶的多态性 .....         | ( 82 ) |
| ( 130 二、种属和个体差异 .....         | ( 82 ) |
| ( 130 三、受体与毒作用敏感性 .....       | ( 83 ) |
| ( 131 四、其它因素对于毒作用敏感性影响 .....  | ( 83 ) |
| ( 132 ) .....                 | ( 83 ) |

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <b>第六章 化学毒物的一般毒性作用</b>   | ( 85 )  |
| 第一节 急性毒性作用及其评价           | ( 85 )  |
| 一、基本概念                   | ( 86 )  |
| 二、急性毒性试验目的               | ( 86 )  |
| 三、急性毒性试验设计               | ( 87 )  |
| 四、急性毒性评价                 | ( 94 )  |
| 附:LD <sub>50</sub> 的计算方法 | ( 96 )  |
| 第二节 蓄积毒性作用及其评价           | ( 106 ) |
| 一、基本概念                   | ( 106 ) |
| 二、蓄积毒性试验方法及其评价           | ( 106 ) |
| 三、关于机体耐受性                | ( 109 ) |
| 第三节 亚慢性、慢性毒性作用及其评价       | ( 110 ) |
| 一、基本概念及试验目的              | ( 110 ) |
| 二、亚慢性毒性试验设计              | ( 111 ) |
| 三、慢性毒性试验设计               | ( 115 ) |
| 四、亚慢性、慢性毒性作用评价           | ( 118 ) |
| <b>第七章 化学毒物的生殖毒性</b>     | ( 120 ) |
| 第一节 雄性生殖毒性               | ( 120 ) |
| 一、雄性生殖细胞的发生过程            | ( 120 ) |
| 二、外源化学物的雄性生殖毒性           | ( 121 ) |
| 三、雄性生殖毒性的检测方法            | ( 122 ) |
| 第二节 雌性生殖毒性               | ( 125 ) |
| 一、雌性生殖细胞的发生过程            | ( 125 ) |
| 二、外源化学物的雌性生殖毒性           | ( 126 ) |
| 三、雌性生殖毒性的检测方法            | ( 127 ) |
| 第三节 致畸试验                 | ( 129 ) |
| 一、动物致畸试验                 | ( 129 ) |
| 二、体外致畸作用试验法              | ( 132 ) |
| 第四节 繁殖试验                 | ( 132 ) |
| 一、试验方法                   | ( 132 ) |
| 二、观察指标                   | ( 133 ) |
| 三、结果判定                   | ( 133 ) |
| 第五节 胚胎毒性-胎儿动脉管畸形的研究方法    | ( 133 ) |
| <b>第八章 化学毒物的致突变作用</b>    | ( 136 ) |
| 第一节 概述                   | ( 136 ) |
| 一、基本概念                   | ( 136 ) |
| 二、遗传学基础                  | ( 137 ) |
| 第二节 化学毒物的致突变类型           | ( 139 ) |



|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 一、基因突变 .....                      | (139) |
| 二、染色体畸变 .....                     | (140) |
| 三、染色体数目异常 .....                   | (141) |
| 第三节 化学毒物致突变作用的机理及后果 .....         | (141) |
| 一、以 DNA 为靶的损伤机理 .....             | (141) |
| 二、不以 DNA 为靶的损伤机理 .....            | (143) |
| 三、突变的后果 .....                     | (144) |
| 第四节 化学毒物致突变作用的研究方法 .....          | (144) |
| 一、常用的致突变试验 .....                  | (145) |
| 二、致突变试验研究中应注意的一些问题 .....          | (150) |
| 第九章 外源化学物的致癌作用 .....              | (152) |
| 第一节 化学致癌物质 .....                  | (152) |
| 一、人类化学致癌物 .....                   | (152) |
| 二、化学致癌物的代谢活化与灭活 .....             | (154) |
| 三、化学致癌物作用的靶子 .....                | (155) |
| 第二节 化学致癌过程 .....                  | (156) |
| 一、化学致癌作用——一个多因素、多基因参与的多阶段过程 ..... | (156) |
| 二、细胞增殖与致癌作用 .....                 | (157) |
| 三、细胞程序性死亡与致癌过程 .....              | (158) |
| 四、DNA 修复与致癌过程 .....               | (158) |
| 五、某些非遗传机制与致癌过程 .....              | (159) |
| 第三节 化学毒物致癌性的判别 .....              | (159) |
| 一、短期试验 .....                      | (159) |
| 二、动物诱癌试验 .....                    | (159) |
| 三、人群流行病学观察 .....                  | (160) |
| 第十章 化学毒物的免疫毒性 .....               | (162) |
| 第一节 机体免疫系统及免疫功能 .....             | (162) |
| 一、免疫应答的类型及作用 .....                | (162) |
| 二、免疫细胞 .....                      | (163) |
| 三、免疫组织与器官 .....                   | (165) |
| 第二节 化学毒物对机体免疫功能影响及其作用机制 .....     | (167) |
| 一、免疫抑制 .....                      | (168) |
| 二、超敏反应 .....                      | (170) |
| 三、自身免疫应答 .....                    | (172) |
| 四、化学致癌物质诱发的肿瘤免疫 .....             | (173) |
| 第十一章 危险度评价和安全评价方法 .....           | (177) |
| 第一节 危险度评价 .....                   | (177) |
| 一、基本概念 .....                      | (178) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 二、危险度评价               | (179) |
| 三、危险度管理               | (184) |
| 第二节 毒理学安全性评价的概念及意义    | (184) |
| 一、基本概念                | (185) |
| 二、安全性评价程序的概况及意义       | (185) |
| 第三节 毒理学安全性评价程序的内容     | (187) |
| 一、毒理学安全性评价程序的选用原则     | (187) |
| 二、试验前的准备工作            | (188) |
| 三、不同阶段安全性评价的毒理学项目     | (189) |
| 四、安全性评价中需注意的问题        | (191) |
| 第十二章 体外试验与新技术在毒理学中的应用 | (193) |
| 第一节 细胞毒理学             | (193) |
| 一、概念                  | (193) |
| 二、研究内容、现状及展望          | (194) |
| 第二节 分子毒理学             | (194) |
| 一、概念                  | (194) |
| 二、分子毒理学现状             | (195) |
| 三、分子毒理学展望             | (197) |
| 第三节 新技术在毒理学中的应用       | (197) |
| 一、PCR-SSCP 技术         | (197) |
| 二、SCGE 技术             | (198) |
| 三、基因差异分析技术            | (200) |
| 四、荧光原位杂交技术            | (202) |
| 五、基因芯片技术              | (203) |
| 六、转基因动物试验             | (205) |
| 七、流式细胞术               | (207) |
| 第二篇 食品中常见毒性物质的分析      |       |
| 第十三章 动物类食品中的天然毒素      | (211) |
| 第一节 动物组织中的有毒物质        | (211) |
| 一、内分泌腺毒素              | (211) |
| 二、动物肝脏中的毒素            | (212) |
| 第二节 鱼类的毒素             | (214) |
| 一、鲭鱼中毒                | (214) |
| 二、雪卡鱼中毒               | (215) |
| 三、鱼卵和鱼胆中毒             | (216) |
| 四、其它鱼类毒素              | (216) |
| 第三节 河豚毒素              | (216) |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 一、河豚毒素的分布 .....        | (216) |
| 二、河豚毒素的毒性 .....        | (218) |
| 三、河豚毒素化学 .....         | (218) |
| 四、防治措施 .....           | (219) |
| 第四节 贝类毒素 .....         | (219) |
| 一、麻痹性贝类毒素 .....        | (219) |
| 二、腹泻性贝类毒素 .....        | (221) |
| 三、神经性贝类毒素 .....        | (222) |
| 四、蓝藻毒素 .....           | (224) |
| 第五节 其它动物毒素 .....       | (225) |
| 一、蟹类毒素 .....           | (225) |
| 二、螺类毒素 .....           | (225) |
| 三、鲍鱼毒素 .....           | (225) |
| 四、海参毒素 .....           | (226) |
| 五、蟾蜍毒素 .....           | (226) |
| 第十四章 植物类食品中的天然毒素 ..... | (227) |
| 第一节 致甲状腺肿物质 .....      | (227) |
| 一、致甲状腺肿物质的分布 .....     | (227) |
| 二、致甲状腺肿物质的毒性 .....     | (229) |
| 第二节 生氰糖苷 .....         | (231) |
| 一、生氰糖苷的代谢 .....        | (232) |
| 二、氰化物的毒性 .....         | (233) |
| 三、处理和预防 .....          | (233) |
| 第三节 蚕豆病和山黧豆中毒 .....    | (234) |
| 一、蚕豆病 .....            | (234) |
| 二、山黧豆中毒 .....          | (235) |
| 第四节 外源凝集素和过敏原 .....    | (236) |
| 一、外源凝集素 .....          | (236) |
| 二、过敏原 .....            | (236) |
| 第五节 消化酶抑制剂 .....       | (237) |
| 一、消化酶抑制剂的分布 .....      | (237) |
| 二、消化酶抑制剂的毒性 .....      | (238) |
| 第六节 生物碱糖苷 .....        | (239) |
| 一、龙葵碱糖苷 .....          | (239) |
| 二、吡咯烷生物碱 .....         | (240) |
| 第七节 血管活性胺 .....        | (241) |
| 第八节 天然诱变剂 .....        | (242) |
| 一、咖啡碱和茶碱 .....         | (242) |



|                                                  |              |
|--------------------------------------------------|--------------|
| 二、黄樟素及其类似物 .....                                 | (242)        |
| 三、细胞松弛素 .....                                    | (243)        |
| 四、类黄酮 .....                                      | (244)        |
| 五、麦芽酚 .....                                      | (245)        |
| <b>第十五章 食品中的生物毒素 .....</b>                       | <b>(246)</b> |
| 第一节 黄曲霉毒素 .....                                  | (246)        |
| 一、概述 .....                                       | (246)        |
| 二、黄曲霉毒素的代谢 .....                                 | (247)        |
| 三、黄曲霉毒素的毒性 .....                                 | (249)        |
| 第二节 镰刀菌属毒素 .....                                 | (250)        |
| 一、单端孢霉烯族 .....                                   | (251)        |
| 二、玉米赤霉烯酮 .....                                   | (252)        |
| 第三节 其它曲霉和青霉毒素 .....                              | (252)        |
| 一、杂色曲霉素和赭曲霉素 .....                               | (252)        |
| 二、岛青霉素和黄天精 .....                                 | (253)        |
| 第四节 细菌毒素 .....                                   | (254)        |
| 一、梭状芽孢杆菌 .....                                   | (254)        |
| 二、蜡状芽孢杆菌 ( <i>Bacillus cereus</i> ) .....        | (256)        |
| 三、金黄色葡萄球菌 ( <i>staphylococcus aureus</i> ) ..... | (257)        |
| 四、大肠埃希氏菌 ( <i>Escherichia coli</i> ) .....       | (258)        |
| 第五节 其它毒素 .....                                   | (260)        |
| 一、麦角毒素 .....                                     | (260)        |
| 二、毒伞毒素 .....                                     | (261)        |
| 三、毒蝇碱 .....                                      | (262)        |
| <b>第十六章 食品工业中的污染物 .....</b>                      | <b>(264)</b> |
| 第一节 多环芳烃 .....                                   | (264)        |
| 一、多环芳烃的来源 .....                                  | (264)        |
| 二、多环芳烃的毒性 .....                                  | (265)        |
| 第二节 多氯联苯 .....                                   | (266)        |
| 一、多氯联苯的分布 .....                                  | (266)        |
| 二、多氯联苯的吸收和代谢 .....                               | (267)        |
| 三、多氯联苯的毒性 .....                                  | (268)        |
| 第三节 二噁英 .....                                    | (269)        |
| 一、结构与术语 .....                                    | (269)        |
| 二、污染来源 .....                                     | (270)        |
| 三、二噁英的体内吸收与代谢 .....                              | (270)        |
| 四、二噁英的毒性 .....                                   | (271)        |
| 五、二噁英的每日耐受摄入量 .....                              | (273)        |

|                        |       |
|------------------------|-------|
| （第四节 铅 .....           | (273) |
| （一、铅的来源 .....          | (274) |
| （二、铅的吸收和转化 .....       | (275) |
| （三、铅的毒性 .....          | (275) |
| （第五节 汞 .....           | (277) |
| （一、汞的来源 .....          | (277) |
| （二、汞的体内吸收和毒性 .....     | (278) |
| （第六节 镉 .....           | (279) |
| （一、镉的来源 .....          | (279) |
| （二、镉的体内吸收和毒性 .....     | (280) |
| 第十七章 食品中的农药残留 .....    | (282) |
| （第一节 概述 .....          | (282) |
| （一、农药的富集和残留 .....      | (282) |
| （二、农药残留量的规定 .....      | (283) |
| （第二节 有机氯农药 .....       | (285) |
| （一、滴滴涕 .....           | (286) |
| （二、艾氏剂和狄氏剂 .....       | (286) |
| （第三节 有机磷农药 .....       | (287) |
| （一、代谢 .....            | (288) |
| （二、毒性 .....            | (288) |
| （第四节 氨基甲酸酯农药 .....     | (290) |
| （一、代谢 .....            | (290) |
| （二、毒性 .....            | (291) |
| （第五节 拟除虫菊酯农药 .....     | (291) |
| （一、代谢 .....            | (292) |
| （二、毒性 .....            | (292) |
| （第六节 除草剂 .....         | (293) |
| （一、氯酚酸酯 .....          | (293) |
| （二、TCDD .....          | (294) |
| 第十八章 食品添加剂 .....       | (296) |
| （第一节 概述 .....          | (296) |
| （一、食品添加剂的毒性 .....      | (297) |
| （二、食品添加剂的有关法案和规定 ..... | (298) |
| （第二节 防腐剂 .....         | (299) |
| （一、苯甲酸及钠盐 .....        | (300) |
| （二、山梨酸及钾盐 .....        | (301) |
| （三、对羟基苯甲酸酯 .....       | (302) |
| （第三节 抗氧化剂 .....        | (302) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| (一)、BHA、BHT 和 PG .....             | (303) |
| (二)、维生素 C .....                    | (304) |
| (三)、维生素 E .....                    | (305) |
| (第四节) 合成甜味剂 .....                  | (306) |
| (一)、糖精钠 .....                      | (306) |
| (二)、环己基氨基磺酸钠 .....                 | (307) |
| (三)、天门冬酰苯丙氨酸甲酯和甘草素 .....           | (308) |
| (第五节) 食用色素 .....                   | (309) |
| (一)、苋菜红和柠檬黄 .....                  | (309) |
| (二)、 $\beta$ -胡萝卜素和番茄红素 .....      | (310) |
| (第六节) 食用香料 .....                   | (311) |
| 第十九章 食品加工过程中的有毒产物 .....            | (313) |
| (第一节) 苯并[a]芘 .....                 | (313) |
| (一)、理化性质 .....                     | (313) |
| (二)、食品中多环芳烃的来源 .....               | (313) |
| (三)、B(a)P 的毒性和代谢 .....             | (314) |
| (第二节) 美拉德反应产物和杂环胺 .....            | (315) |
| (一)、美拉德反应产物 .....                  | (315) |
| (二)、杂环胺 .....                      | (316) |
| (第三节) 硝酸盐和亚硝酸盐 .....               | (317) |
| (一)、硝酸盐和亚硝酸盐的来源和代谢 .....           | (317) |
| (二)、硝酸盐和亚硝酸盐的毒性 .....              | (318) |
| (第四节) N-亚硝胺 .....                  | (319) |
| (一)、N-亚硝胺的来源 .....                 | (319) |
| (二)、亚硝胺的致癌和致畸性 .....               | (320) |
| (三)、亚硝胺的转化和预防 .....                | (321) |
| 第二十章 我国食品安全性评价程序和方法 .....          | (323) |
| (第一节) 食品安全性毒理学评价程序 .....           | (323) |
| (一)、食品安全性毒理学评价试验的四个阶段内容及选用原则 ..... | (323) |
| (二)、食品安全性毒理学评价试验的目的和结果判定 .....     | (325) |
| (三)、影响食品安全性评价的因素 .....             | (326) |
| (第二节) 食品毒理学实验室操作规范 .....           | (327) |
| (一)、对毒理学实验室的基本要求 .....             | (327) |
| (二)、化学物质毒性鉴定规范 .....               | (331) |
| (第三节) 食品安全性评价方法概述 .....            | (333) |
| (一)、初步工作 .....                     | (333) |
| (二)、四阶段试验 .....                    | (333) |
| (第四节) 食品安全性的风险评价 .....             | (333) |



|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 一、安全摄入量的确定 .....               | (334)        |
| 二、膳食接触评价 .....                 | (334)        |
| 三、风险鉴定 .....                   | (334)        |
| <b>第二十一章 转基因食品的安全性评价 .....</b> | <b>(336)</b> |
| 第一节 转基因食品安全性评价的目的与原则 .....     | (336)        |
| 一、转基因食品安全性评价问题的由来 .....        | (336)        |
| 二、安全性评价的目的 .....               | (336)        |
| 三、安全性评价的原则 .....               | (337)        |
| 第二节 关于转基因食品安全性评价的内容 .....      | (338)        |
| 一、过敏原 .....                    | (338)        |
| 二、毒性物质 .....                   | (341)        |
| 三、抗生素抗性标记基因 .....              | (342)        |
| 四、营养成分和抗营养因子 .....             | (343)        |
| 第三节 发达国家对转基因技术和食品的政策 .....     | (344)        |
| 一、美国 .....                     | (344)        |
| 二、加拿大 .....                    | (347)        |
| 三、欧盟 .....                     | (348)        |
| 四、日本 .....                     | (350)        |
| 第四节 我国对转基因食品的管理 .....          | (352)        |
| 一、我国对转基因技术的态度 .....            | (352)        |
| 二、我国对转基因食品的政策 .....            | (353)        |
| 第五节 食品转基因技术的发展和未来展望 .....      | (354)        |
| 一、现代生物技术的应用 .....              | (354)        |
| 二、现代生物技术的发展趋势 .....            | (358)        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>(359)</b> |

## 绪 论

“民以食为天”，饮食是人类社会生存发展的第一需要。“病从口入”，饮食不卫生，不安全，又是百病之源。食品的安全性，是一个听起来生疏却与人们日常生活关系密切的概念。人们上街购买鱼、肉、禽、蛋等鲜活产品，总要查看一下是否有腐败、异味或病虫污染及标签。在食品店的柜台上，印有“不含添加剂”、“纯天然”、“绿色食品”、“有机食品”等标志的食品，格外吸引购物者的注意。在菜市场，细心的采购者会留心蔬菜的产地，是否有用污水浇灌或被农药污染。这些都反映了人们已经把食品的安全性作为购买食品的重要原则和取舍标准。我国食物中毒每年报告为2万~4万例，但专家估计这个数字不到实际发生数的1/10。由于农药、兽药污染造成的急性食物中毒事件近年有所上升，城乡食品的数量与种类日益丰富，如何提高食品的质量与安全性已成社会公众关注的问题。消费者在初步解决了温饱问题之后，要求吃得更好，吃得安全放心，这是社会发展进步的大势所趋。

### 第一节 食品毒理学概述

食品是有益人体健康并能满足食欲的物品。人必须每天摄入食物赖以生存，维持健康和繁衍后代。食品质量关系着人们身体健康甚至生命安全。食品应具备的基本条件是：卫生安全、无毒无害；含有人体所需要的营养素和有益成分；感官性状良好、可被人体接受。但是食品除了含有人体必需的营养物外，也可能含有人体非必需的甚至有害生物或化学物质。外源化学物存在于人类生活的外界环境中，可能与机体接触并进入机体，在体内呈现一定的生物学作用的一些化学物质，又称为“外源生物活性物质”。它既包括在食品生产、加工中人类使用的物质，也包括食物本身生长中存在的物质。蔬菜上的农药残留是有害无益的，但有些外源化学物对健康有利，如大蒜中的大蒜素。所以，不应把外源化学物通通认为是对健康有害的。与外源化学物相对的概念是内源化学物，是指机体内原已存在的和代谢过程中所形成的产物或中间产物。地球上污染无处不在，工业化学物种类日益增多，它们进入空气、土壤、水、植物、动物和人体中，我们的食物链不断受污染；食品市场是国际的，因此，食品的安全性是世界各国政府共同关心的问题。

食品毒理学是研究食品中外源化学物的性质、来源与形成以及它们的不良作用与可能的有益作用和机制，并确定这些物质的安全限量和评定食品安全性的一门科学。食品毒理学的作用就是从毒理学的角度，研究食品中可能含有的外源化学物质对食用者健康的危害，检验和评价食品（包括食品添加剂）的安全性或安全范围，从而达到确保人类健康的目的。

本学科的研究对象——外源化学物既包括有一定毒性的化学物（如农药、兽药），也包括毒性很小通常不称为“毒物”的化学物（如食用色素），以及潜在有益作用的化学物

[如大蒜氨酸(alin)]。

对食品中外源化学物来说,毒性大小在很大程度上取决于摄入的剂量。然而毒性是很复杂的生物学现象,取决于多种因素。某种物质在正常食用方式与用量情况下,长期食用不产生毒性,可认为是安全的。但是安全是有条件的、相对的。食品中的外源化学物也可能在一定条件下对机体产生不良作用。

毒理学的一个基本原则和首要目的是要对毒性进行定量。欧洲中世纪的科学家Paracelsus(1493~1541)曾说过:“所有的物质都是毒物,没有一种不是毒物的。正确的剂量才使得毒物与药物得以区分”(The dose makes the poison)。一般来说,毒物和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、对象和方法的不同,则可能是毒物,也可能是非毒物。例如,亚硝酸盐对正常人是毒性物质,但对氰化物中毒者则是有效的解毒剂。另外,人体对硒的每日安全摄入量为50~200 $\mu\text{g}$ ,如低于50 $\mu\text{g}$ 则会导致心肌炎、克山病等疾病,并诱发免疫功能低下和老年性白内障的发生;如摄入量在200~1000 $\mu\text{g}$ 之间则会导致中毒,如每日摄入量超过1mg则可导致死亡。毒性物质按其来源可分为天然、合成和半合成三类,按其用途及分布范围可分为工业、环境、食品有毒成分、农用、医用、军事、放射性、生物性和化妆品中分布的有害化学物,按其毒性强弱又可分为剧毒、高毒、中毒、低毒、微毒等。毒性物质主要通过化学损伤使生物体受其损害。所谓化学损害是指通过改变生物体内的生物化学过程甚至导致器质性病变的损伤。如有机磷酸酯类化合物农药主要通过抑制胆碱酯酶的活性,使生物体乙酰胆碱超常累积,因而导致生物体的极度兴奋而死亡。

● 学科内容:食品安全性评价原理的基本概念和食品外源化学物与机体相互作用的一般规律;食品外源化学物毒理学安全性评价程序和危险度评价的概念和内容;食品中各主要外源化学物(天然物、衍生物、污染物、添加剂)在机体的代谢过程中对机体毒性危害及其机理。

● 学科任务:研究食品中外源化学物的来源、分布、形态及其进入人体的途径与代谢规律,阐明影响中毒发生和发展的各种条件;研究化学物在食物中的安全限量,评定食品的安全性,制定相关卫生标准;研究食品中化学物的急性和慢性毒性,特别应阐明致突变、致畸、致癌和致敏等特殊毒性。

● 研究方法:一切学科的发展,都与新概念的形成与新方法的发展有密切关系。20世纪60年代以来,毒理学获得较大发展,主要原因之一是引入了相邻学科大量新的概念与新的方法。从方法学来说,毒理学的研究方法可分为两大类。一类是微观方法。随着生物化学、细胞病理学、细胞生物学、分子生物学等边缘学科的迅速发展,这些学科的研究方法应用到毒理学领域上来,使人们能够从细胞水平甚至分子水平观察到多方面毒作用现象,其中包括一些极微小的毒作用表现。另一大类方法是宏观方法,即研究人的整体以至于人的群体与毒物相互作用的关系。要判定某个毒物对人危害程度,它是否属于某种损害现象的原因,单凭体外实验所得结果,是不能作出认定的,只能认为有此可能。只有具体在人类本身直接获得证实,才能获得肯定的评价。而直接观察毒物对人的作用,除少数毒物作用可用“志愿者”之外,目前主要使用流行病学方法。

毒理学研究的最终目的是研究外源化学物对人体的损害作用(毒作用)及其机制,但