

食品安全与检验检疫安全系列专著

食品安全化学

王利兵 等 编著



科学出版社

食品安全与检验检疫安全系列专著

食品安全化学

王利兵等 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了食品中化学污染物的理化性质、来源、毒理以及控制措施。全书共分8章，第一章介绍了食品安全化学污染物分类、国内外食品安全管理与控制措施现状；接下来的章节分别介绍了食品中生物毒素、加工中的化学污染物、包装化学迁移物、环境污染物、农药残留、兽药残留和食品添加剂等对食品安全的影响、来源分布与危害，介绍预防措施，并对重要化学污染物的检测技术与方法进行概述。书中既有对理论性内容的阐述，又有实践经验的总结，特别是增加了近年来在食品安全化学检测上的一些新方法、新技术，包括近几年国内外食品检测技术方面的科研成果。

本书可作为食品质量与安全专业、食品科学与工程专业和各相关专业的教材，也可供食品安全检测机构、食品卫生、安全监管部门专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

食品安全化学/王利兵等编著. —北京: 科学出版社, 2012

(食品安全与检验检疫安全系列专著)

ISBN 978-7-03-035626-0

I. ①食… II. ①王… III. ①食品污染-化学污染-污染防治
IV. ①TS201.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第224943号

责任编辑: 矫天扬 刘 晶 王海光 / 责任校对: 冯 琳

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

盛志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012年10月第一次印刷 印张: 23 3/4

字数: 537 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



王利兵 男，教授，博士生导师，国际标准化组织 ISO/TC264 主席。国家质量监督检验检疫总局首席研究员，国家质量监督检验检疫总局科学技术委员会委员兼进出口商品检验专业技术委员会主任，“十二五”国家高技术研究发展计划（“863”计划）主题专家组成员，国家知识产权专家，国家中长期科学与技术发展规划（2006—2020 年）战略研究专家，湖南省科技领军人才，国务院特殊津贴获得者，国家质量监督检验检疫总局科技特殊贡献奖获得者。

长期以来瞄准国家战略需求和学科发展的国际前沿，一直致力于食品安全与检验检疫安全的科学研究工作。主持完成了国家“十五”重大科技专项课题、国家“十一五”科技支撑计划课题、国家“863”课题、国家“973”课题、国家软科学项目等国家级课题 12 项，质检公益性行业项目等省（部）级科研项目 47 项。主要代表性学术成果有：①基于功能性纳米材料的可控合成及功能性纳米聚集体的自组装原理与方法，提出了基于生物识别系统和功能性纳米材料的食品安全与检验检疫安全检测原理与方法；②研究建立了以危害因子检测技术、安全性评价技术和特征识别技术为核心的检验检疫危害因子高通量表征与特征模式识别关键技术及方法体系；③应用模糊综合评价和风险评估技术，建立了包装和食品接触材料安全性评价技术与方法，揭示了包装和食品接触材料危害因子迁移特性和规律；④在国内首次开展了化学品危险特性分类定级和鉴别技术以及危险化学品特征模式识别技术与方法研究，并实现了标准化；⑤根据新时期检验检疫领域的新情况与科学技术发展的新要求，系统提出了建立检验检疫学科的理念与检验检疫学发展的动力学模型，以风险评估管理为理论基础，综合交叉分子生物学、分析测试学、动物检疫学、植物检疫学、生态模拟学、毒理学、材料工程学、食品科学等自然科学领域，以及经济法学、风险管理学等社会科学领域，全面阐述了检验检疫学科的学科基础、学科内涵及技术与方法等。

上述研究成果获国家科技进步二等奖 2 项、中国专利优秀奖 1 项、省（部）级科技进步一等奖 6 项及二等奖 6 项。以第一完成人获国家发明专利授权 8 项、实用新型专利授权 22 项、软件著作权授权 3 项。主持完成国家标准 128 项、行业标准 122 项。主持创立的 2 项试验方法被联合国经济和社会理事会危险化学品专家委员会批准成为国际权威试验方法。以第一作者和通讯作者在 *Chemical Society Reviews*、*Materials Science and Engineering: R: Reports*、*Angewandte Chemie International Edition*、*Nano Letters*、*Analytical Chemistry* 等国际权威科学期刊发表论文 80 余篇，在科学出版社和化学工业出版社等出版学术专著 6 部（主编）。

电子邮箱：wanglib1@126.com

总 序

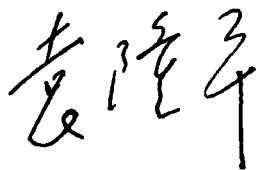
食品安全与检验检疫安全直接关系到人民生命健康、国家经济运行安全、生物安全、环境安全和对外贸易发展。经济全球化和全球一体化进程的深入对我国国际贸易的发展、产业安全和食品安全产生了巨大影响。

一方面，近年来国际疫情疫病、有毒有害物质传播继续呈现出高发、易发态势，外来有害生物、传染性疫病及各种有毒有害物质跨境传播成为一个世界性难题，并日趋严重。由此产生的各种事故和事件也时有发生。据国家有关部门测算，我国每年由于外来有害生物、传染性疫病及各种有毒有害物质入侵造成的经济损失在 2000 亿元人民币以上。另一方面，特别是国际金融危机以后，贸易保护主义大肆抬头，经济全球化进程受到严重影响，发达国家不断提高进口产品质量安全标准和市场准入条件，以产品质量和安全的名义不断设置大量技术性贸易壁垒，各种妖魔化“中国制造”的事件时有发生。我国大量具有竞争优势的产品，每年损失高达数千亿美元的国际市场份额，给我国的经济社会发展和国家形象造成了巨大的负面影响。特别是近年来发生的“三聚氰胺”、“金浩茶油”等严重食品安全事件，给食品安全与检验检疫安全的科技工作提出了全新的挑战。为此，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》第三部分“重点领域及其优先主题”中，明确将“食品安全与出入境检验检疫”列为第 59 个优先主题。

根据新时期食品安全与检验检疫安全的新情况和当前检测方法与科学技术发展的新要求，国家质量监督检验检疫总局首席研究员王利兵、江南大学食品科学与技术国家重点实验室胥传来教授及其他知名高等院校权威专家共同组织编写了《食品安全与检验检疫安全系列专著》，作者总结归纳了该研究领域“十五”和“十一五”国家科技计划项目的研究成果，对现有食品安全与出入境检验检疫科学技术进行分析、梳理，系统地提出了食品安全与出入境检验检疫安全的新技术和新方法，特别是在国内首次系统提出了建立检验检疫学科的理念，并与食品安全学科进行有机结合，对进一步加强和完善我国的相关学科建设，提高我国检验检疫与食品安全整体科学技术水平十分必要。

该系列专著主要包括：《食品安全科学导论》、《食品安全仿生分子识别》、《纳米材料与食品安全检测》、《检验检疫学导论》、《检验检疫风险评估与方法论》、《检验检疫生物学》、《食品添加剂安全与检测》、《食品安全化学》、《食品加工安全学》、

《食品纳米科技》、《食品包装安全学》和《化学品安全科学与技术》等，全面阐述了检验检疫与食品安全科学的基本理论、技术与方法及风险评估与危害控制技术，力求对我国检验检疫与食品安全科学技术的发展做出积极贡献。该套专著是基于新时期检验检疫与食品安全的新情况和新要求编写而成的，作者均是多年从事食品安全与检验检疫安全研究的资深专家和学者，他们对现有食品安全与检验检疫安全技术与方法进行全面论述与总结，并对将来食品安全与检验检疫安全科学技术发展趋势进行预测与展望，具有较高的学术水平和应用价值，我衷心希望该系列专著的出版能对我国的检验检疫与食品安全的学科发展和科技进步产生积极的影响，为我国食品安全与检验检疫事业发展起到有力的推动作用。



中国工程院院士

2010年11月26日

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、社会的发展和人民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，更需要保证食品的卫生和安全。食品安全关系到广大人民群众的身体和社会稳定，关系到国家和政府的形象。目前，全球每年发生数以百万计的食品中毒事件，食品安全已成为世界性的问题。

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，化学污染物是最为重要的因素之一。例如，工业“三废”的排放造成环境污染，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；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，以及食品添加剂滥用和超量使用等，都会对食品安全性造成不同程度的影响，从而直接影响人们身体健康。近年来，随着诸多食品安全事件的发生，上述化学污染物引起了越来越多的关注，成为国内外研究机构关注焦点，但单独关于食品安全中化学污染物系统性介绍的书籍少之又少。我们在参阅和吸收国内外相关知识的基础上，编写了本书。

本书详细介绍食品中的化学污染物（包括生物毒素、重金属、农药残留、兽药残留和环境中的微量农药原体、有毒代谢物、降解物、杂质以及包装物中有害迁移物、食品添加剂）的理化性质、来源、毒理，以及消除或将其减至最低限量的方法。同时从食品安全风险评估、食品中污染物含量的精准分析以及食品中污染物的监督管理等层面，详细介绍食品中污染物的防治方法、步骤和预期结果。本书既有理论知识的介绍，又有实际经验的总结，是一本有关食品安全化学污染物分析与控制的实用性读物。

本书的出版有利于食品安全领域乃至食品加工领域的从业者了解食品安全化学污染的研究进展和最新问题。

本书由国家质量监督检验检疫总局首席研究员王利兵教授等编著。参加编写人员还有：王元兰教授（中南林业科技大学）、于艳军博士（天津出入境检验检疫局）、任佳丽博士（中南林业科技大学）、陈练博士（湖南出入境检验检疫局）、谢练武博士（中南林业科技大学）、苏荣欣博士（天津大学）、韩伟博士（天津出入境检验检疫局）和熊中强博士（天津出入境检验检疫局）等。

在本书的编写过程中，得到了中国工程院袁隆平院士、中国科学院姚守拙院士的许多宝贵意见和建议，在此一并致以诚挚的感谢！

由于本书内容涉及的学科较广，加之时间和水平有限，不可能详尽，疏漏和错误之处在所难免，欢迎广大读者给予批评指正！

作 者

2012年7月

目 录

总序

前言

第一章 绪论	1
第一节 食品安全化学污染物分类	1
一、生物毒素	1
二、食品加工中产生的化学污染物	3
三、食品包装的化学迁移物	4
四、食品中的环境污染物	5
五、食品中的农药残留	5
六、食品中的兽药残留	7
七、食品添加剂	7
第二节 食品安全化学污染概况	8
一、国外重大食品安全化学污染事件	8
二、国内食品安全化学污染事件	11
三、我国食品安全化学污染面临的主要问题	13
第三节 国外食品安全管理现状	15
一、美国食品安全管理状况	15
二、欧盟食品安全管理状况	16
三、日本食品安全管理状况	18
四、加拿大食品安全管理状况	19
第四节 食品安全化学污染的控制措施	20
参考文献	21
第二章 生物毒素	23
第一节 真菌毒素	23
一、黄曲霉毒素	23
二、橘霉素	26
三、麦角碱	28
四、伏马毒素	30
五、赭曲霉毒素	32
六、棒曲霉毒素	34
七、杂色曲霉毒素	36
八、单端孢霉烯族毒素	37
九、玉米赤霉烯酮	40

十、链格孢毒素	41
第二节 细菌毒素	44
一、大肠杆菌及其毒素	44
二、霍乱弧菌及其毒素	46
三、志贺菌及其毒素	47
四、肉毒神经毒素	49
第三节 植物毒素	50
一、葫芦素	50
二、脱氰苷	52
三、呋喃香豆素	54
四、糖苷生物碱	56
五、木藜芦毒素	58
六、外源凝集素	60
第四节 海洋生物毒素	61
一、失忆性贝毒	61
二、原多甲藻酸贝类毒素	63
三、雪卡毒素	64
四、腹泻性贝类毒素	66
五、神经性贝毒素	68
六、麻痹性贝毒素	70
七、河豚毒素	71
第五节 生物胺	73
一、儿茶酚胺	73
二、组织胺	75
三、血清张力素	76
参考文献	77
第三章 食品加工中产生的化学污染物	85
第一节 丙烯酰胺	85
一、丙烯酰胺理化性质	85
二、丙烯酰胺来源	86
三、丙烯酰胺毒性与危害	87
四、丙烯酰胺控制与预防措施	89
五、丙烯酰胺检测方法	90
第二节 氯丙醇	92
一、氯丙醇理化性质	92
二、氯丙醇来源	92
三、氯丙醇毒性与危害	93
四、氯丙醇控制与预防措施	94

五、氯丙醇检测方法	95
第三节 呋喃	98
一、呋喃理化性质	98
二、呋喃来源	98
三、呋喃毒性与危害	99
四、呋喃控制与预防措施	100
五、呋喃检测方法	100
第四节 多环芳烃	101
一、多环芳烃理化性质	102
二、多环芳烃来源	102
三、多环芳烃毒性与危害	102
四、多环芳烃控制与预防措施	104
五、多环芳烃检测方法	105
第五节 杂环胺类化合物	106
一、杂环胺类理化性质	106
二、杂环胺类来源	107
三、杂环胺类毒性与危害	109
四、杂环胺类控制与预防措施	109
五、杂环胺类检测方法	110
第六节 N-亚硝基类化合物	111
一、N-亚硝基化合物理化性质	111
二、N-亚硝基化合物来源	113
三、N-亚硝基化合物毒性与危害	114
四、N-亚硝基化合物控制与预防措施	115
五、N-亚硝基化合物检测方法	116
参考文献	118
第四章 食品包装的化学迁移物	125
第一节 食品包装与食品安全	125
一、食品包装的化学物迁移	125
二、食品包装中化学迁移物的来源	126
三、食品包装中化学迁移对食品安全的影响	128
四、食品包装中化学迁移的影响因素	129
五、食品包装的化学迁移相关法规	132
第二节 食品包装化学物质迁移	134
一、迁移检测及分析方法	134
二、迁移检测数据的应用	140
三、迁移检测数据的要求	140
第三节 双酚 A	141

一、双酚 A 理化性质	142
二、双酚 A 来源及分布	142
三、双酚 A 毒性及症状	142
四、双酚 A 吸收、代谢和排泄	144
五、食品中双酚 A 控制与预防	145
六、食品包装中双酚 A 检测	145
第四节 邻苯二甲酸酯类	146
一、邻苯二甲酸酯理化性质	147
二、邻苯二甲酸酯来源及分布	147
三、邻苯二甲酸酯毒性及症状	149
四、邻苯二甲酸酯吸收、代谢和排泄	151
五、邻苯二甲酸酯控制与预防	152
六、食品包装中邻苯二甲酸酯检测	152
第五节 氨基脲	153
一、氨基脲理化性质	153
二、氨基脲来源及分布	154
三、氨基脲毒性及症状	155
四、氨基脲吸收、代谢和排泄	155
五、氨基脲预防与控制措施	156
六、氨基脲检测	156
第六节 挥发性有机物	157
一、挥发性有机物理化性质	157
二、挥发性有机物来源及分布	157
三、挥发性有机物毒性及症状	158
四、挥发性有机物吸收、代谢和排泄	160
五、挥发性有机物预防与控制措施	161
六、挥发性有机物检测	161
参考文献	165
第五章 食品中的环境污染物	169
第一节 二噁英	169
一、二噁英理化性质	169
二、二噁英来源及污染途径	170
三、二噁英毒性及症状	171
四、二噁英吸收、分布和排泄	172
五、二噁英控制措施	173
六、二噁英检测	173
第二节 多氯联苯	175
一、多氯联苯理化性质	175

二、多氯联苯来源及污染途径	176
三、多氯联苯毒性及症状	176
四、多氯联苯吸收、分布、代谢与排泄	178
五、多氯联苯控制措施	178
六、多氯联苯检测	179
第三节 有机锡化合物	181
一、有机锡化合物理化性质	182
二、有机锡化合物来源及污染途径	182
三、有机锡化合物毒性及症状	184
四、有机锡化合物吸收、分布、代谢与排泄	185
五、有机锡化合物控制措施	186
六、有机锡化合物检测	187
第四节 多氯萘	188
一、多氯萘理化性质	189
二、多氯萘来源及污染途径	189
三、多氯萘毒性及症状	190
四、多氯萘吸收、分布、代谢与排泄	190
五、多氯萘控制措施	191
六、多氯萘检测	192
第五节 有害元素	193
一、有害元素理化性质	193
二、有害元素来源及污染途径	194
三、有害元素毒性及症状	195
四、有害元素吸收、分布、代谢与排泄	196
五、有害元素控制措施	197
六、有害元素检测	197
参考文献	199
第六章 食品中的农药残留	204
第一节 农药残留与食品安全	204
一、农药残留的定义与分类	204
二、食品中农药残留的来源	205
三、我国食品中农药残留现状及危害	206
四、农药残留的危害与控制	207
五、农药残留的分析检测	208
第二节 食品中农药残留危害的风险评估	210
一、农药的毒性	210
二、食品安全性评价概况	211
三、食品中农药残留危害的风险评估	212

四、农药残留的危害与健康风险评价	216
第三节 有机氯农药	218
一、有机氯农药结构和特性	218
二、有机氯农药毒性与危害	219
三、有机氯农药限量与控制	219
四、有机氯农药分析检测	220
第四节 有机磷农药	222
一、有机磷农药结构和特性	222
二、有机磷农药毒性与危害	223
三、有机磷农药限量与控制	225
四、有机磷农药分析检测	225
第五节 拟除虫菊酯类农药	228
一、拟除虫菊酯类农药结构和特性	228
二、拟除虫菊酯类农药毒性与危害	230
三、拟除虫菊酯类农药限量与控制	231
四、拟除虫菊酯类农药分析检测	231
第六节 氨基甲酸酯类农药	233
一、氨基甲酸酯类农药结构和特性	234
二、氨基甲酸酯类农药毒性与危害	234
三、氨基甲酸酯类农药限量与控制	235
四、氨基甲酸酯类农药分析检测	235
第七节 除草剂类农药	237
一、除草剂类别及理化性质	237
二、除草剂毒性与危害	237
三、除草剂分析检测	238
第八节 其他农药	240
一、类别及理化性质	240
二、毒性与危害	240
三、分析检测	241
参考文献	241
第七章 食品中的兽药残留	248
第一节 兽药残留与动物源食品安全	248
一、兽药残留的定义与分类	248
二、食品中兽药残留的来源	248
第二节 食品中兽药残留的监控措施	250
一、国际兽药残留的控制机构	250
二、兽药残留的危害	251
三、我国兽药残留情况	253

四、我国兽药残留监管现状	254
五、食品中兽药残留的监控措施	255
第三节 抗生素和合成抗菌药物	257
一、磺胺类药物	257
二、大环内酯类抗生素	261
三、 β -内酰胺类抗生素	265
四、四环素类抗生素	270
五、氨基糖苷类抗生素	273
六、氯霉素类	275
第四节 驱虫类药物与抗球虫药物	278
一、苯并咪唑类	278
二、阿维菌素类	281
三、硝基咪唑类药物	283
四、三嗪类药物	284
第五节 生长促进剂	286
一、 β -受体激动剂	286
二、激素	287
第六节 其他药物	289
一、利尿剂类药物	289
二、甲状腺抑制剂	291
三、染料药物	292
四、抗真菌药	293
五、 β -阻断剂和镇静剂类药物	295
参考文献	298
第八章 食品添加剂	303
第一节 食品添加剂定义与分类	303
一、食品添加剂的定义	303
二、食品添加剂的分类	304
第二节 食品添加剂的作用	305
第三节 食品添加剂的安全与管理	306
一、食品添加剂的安全	306
二、食品添加剂的管理	306
第四节 食品添加剂的评估	308
一、危害识别	308
二、危害特征描述	309
三、膳食暴露量评估	310
四、危险性特征描述	313
第五节 常用食品添加剂	313

一、抗氧化剂	313
二、防腐剂	317
三、着色剂	319
四、甜味剂	325
五、酶制剂	328
六、营养强化剂	331
七、食品用香料	335
八、增稠剂	340
九、乳化剂	346
第六节 违禁与滥用食品添加剂	349
一、违禁与滥用添加剂的种类	349
二、违禁与滥用食品添加剂管理	353
三、违禁与滥用食品添加剂的检测	354
参考文献	360

第一章 绪 论

食品是人类赖以生存的基本物质，是人们生活的最基本必需品。近年来，随着食品加工产业的迅速发展，各种各样的食品不断涌现，随意走上街头，不论是在商场、超市乃至街旁商亭，食品都是不可缺少的一部分。但是由于全球工业及环境污染，以及食品加工过程监管缺失等问题，各类食品质量安全问题，特别是食品的化学污染事件频频见诸报端，使得食品质量与安全日益成为一个全球性的严重问题，食品安全亦随之成为从政府至民间最关注的头等大事^[1,2]。

食品中的化学污染物来源广泛，农业生态污染、不当的种养方法和不良的生产工艺都是导致食品化学污染的因素。曾几何时，“我们还能吃什么”成为热门话题，人们不断得到这样一些信息：吃牛肉恐惧从国外传来的疯牛病；吃猪肉害怕郊区屠宰场的“注水肉”；吃瓜果、蔬菜害怕上面的农药残留；吃水果、海鲜害怕用甲醛或福尔马林泡过；吃豆腐害怕是用回收的石膏点出来的；吃鸡、鸭、甲鱼害怕激素太多；吃大米害怕拌了工业油；吃面粉害怕掺了滑石粉、增白剂；吃小米担心用柠檬黄染过；买酱油怕是毛发水勾兑的……另外，在农业生产过程中，多种化学合成制剂的使用、大量工业废水（未处理或未达标的）的任意排放，最终也会导致食品中出现多种化学污染物。

食品中的化学污染物包括重金属、真菌毒素、农药残留、兽药残留以及环境中的微量农药原体、有毒代谢物、降解物和杂质等，它们都会对人类健康产生威胁^[3]。近年来，随着诸多食品安全事件的发生，这些化学污染物引起了人们越来越多的关注，诸多研究机构开展了食品安全化学污染方面的研究，国内很多高校也陆续开设了食品安全专业，培养专业人才和开展污染控制技术研究。通常食品中的化学污染具有以下主要特点^[4,5]：①在食品生产中，污染可以在其中一个或多个生产阶段产生；②有意被加入食品中的（如添加剂等）；③消费者如果食用一定量的这些物质，可能会致病。

化学污染可能在食品链的各个阶段产生，为了确保消费者和食品生产者的利益，在食品生产及消费的各个阶段都必须对化学污染物加以注意。本书重点介绍的食品安全化学污染物，主要为生物毒素、环境污染物、农药残留、兽药残留以及包装污染物、食品添加剂等，从各类污染物的来源、性质、毒理、检测、预防与控制等方面全面展开研究。下面根据食品安全化学污染物的分类、国内外食品安全化学污染现状和食品安全化学污染控制措施进行介绍。

第一节 食品安全化学污染物分类

一、生物毒素

生物毒素又称为天然毒素，是指生物来源并不可自复制的有毒化学物质，包括动

物、植物、微生物产生的对其他生物物种有毒害作用的各种化学物质^[6,7]。食品中的生物毒素包括作为食品的动植物中存在的、对人体健康有害的非营养性天然物成分,也包括食品因储存方法不当在一定条件下产生的有毒成分。生物毒素按来源可分为植物毒素、动物毒素、海洋毒素和微生物毒素。某些毒素具有剧毒,如肉毒杆菌毒素;一般的毒素也有相当大的毒性,被有毒动物如某些昆虫蜇伤,或摄入有毒植物等均可发生中毒,甚至死亡。

食品中植物毒素主要来自食源性植物,如豆类中的植物血细胞凝集素,竹笋、苹果、杏、梨、梅子、桃等水果的种子及果核中的生氰葡萄糖苷,鲜金针菇中的秋水仙碱,发芽、腐烂的马铃薯中的茄碱等;动物毒素主要是有毒动物毒腺制造的,并以毒液形式注入其他动物体内的蛋白类化合物,如蛇毒、蜂毒、蚁毒、河豚毒、章鱼毒、沙蚕毒等;海洋毒素主要包括海洋生物或者它们的尸体腐败后产生的有毒海洋天然有机化合物,如肉毒鱼毒素、沙海葵毒素、海兔毒素、鱼腥毒素、海参毒素和沙蚕毒素等;微生物毒素则主要包括由霉菌和细菌产生的毒素,如肉毒素、霍乱毒素等细菌毒素,黄曲霉毒素、赭曲霉毒素等霉菌毒素(包括真菌毒素)和单细胞藻类(如原核的蓝藻和真核的甲藻)毒素等。其中,由藻类和细菌产生的毒素并不常见,通常会产生急性毒性效应。而霉菌和农作物中固有的毒素,则需要一段时间才会产生疾病,体现出慢性毒性效应。一般来说,在生物毒素中对急性毒素的研究要多于对慢性毒素的研究,其中的真菌毒素、藻毒素和农作物产生的毒素得到了优先重视。

真菌毒素是真菌在食品或饲料里生长所产生的代谢产物,对人类和动物都有害。食品真菌毒素 WHO 联合中心(WHO Collaborating Center for Mycotoxins in Food, WHO-CCMF)成立后,确定已知的真菌毒素按照化学结构式不同共有 300 余种,代表性的有黄曲霉毒素、赭曲霉毒素、展青霉素、单端孢霉烯族毒素、玉米赤霉烯酮、伏马毒素、杂色曲霉毒素、串珠镰刀菌素、橘霉素等,多为毒性物质。例如,黄曲霉毒素是强致癌物质,其多为双呋喃香豆素的衍生物,已经确定 17 种化学结构类似物,存在于霉变的花生、米、面等食物中。如何预防真菌毒素的形成,仍然是目前真菌毒素研究主要的问题。预防食品和动物饲料中真菌毒素的最好方法是减少农业商品中霉菌的生长。理论上,通过遵守良好农业操作规范和细心处理食物,控制生产和储藏条件,可以避免食品和饲料中的真菌毒素;此外,通过开发霉菌物种、降低有毒菌量、阻止霉菌生长、降解毒素等亦可有效控制真菌的快速产生。

藻类毒素是由一种微小的单细胞藻类产生的毒性成分,它们通过水生环境的食物链进入鱼制品中^[8]。藻类毒素可能会产生不同的毒效,如麻痹、腹泻、失忆、神经中毒等。对于该类毒素的预防,目前主要是加强对藻类泛滥的监测。对受藻类毒素污染的甲壳类产品进行相应的去毒处理,如将甲壳类动物迁移到没有毒性有机物的海域中,或者进行特殊的烹调。这些方法可以降低毒素水平,但是不能从根本上排除中毒的危险。

农作物产生的毒素是植物中天然含有的成分,可分为非蛋白质氨基酸、肽素、生物碱、蛋白质和苷类^[9],它们不仅具有毒性,而且有可能对各种营养成分的利用产生消极影响。这些毒素很多可以通过加热来消除,但如果控制不当也会引起急性中毒事件。近年来豆类食品尤其是豆浆中毒事件屡屡发生,往往是由于加工操作不当导致的。如果在