

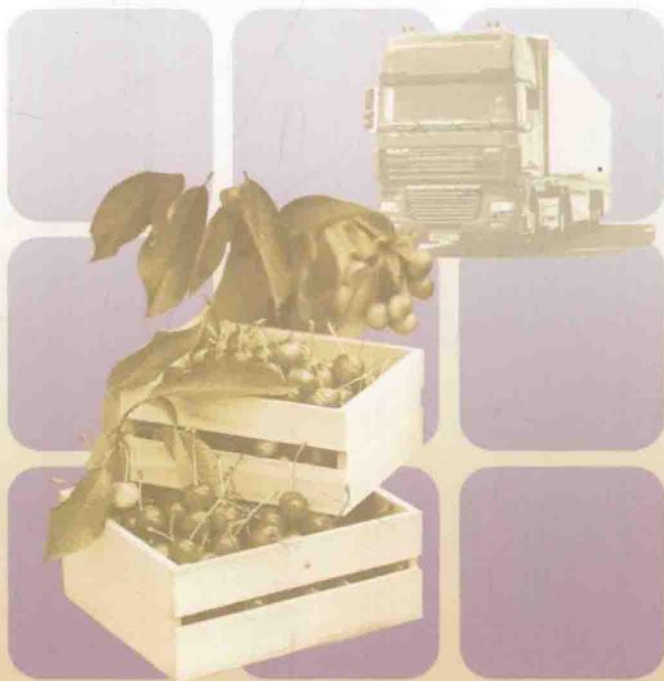


“十二五”普通高等教育规划教材

# 食品加工和 物流安全控制

SHIPIN JIAGONG HE  
WULIU ANQUAN KONGZHI

● 董全 刘承初 主编



中国质检出版社  
中国标准出版社



“十二五”普通高等教育规划教材

---

Shipin Jiagong He Wuliu Anquan Kongzhi

---

# 食品加工和物流安全控制

董 全 刘承初 主编

中国质检出版社  
中国标准出版社

北 京

## 图书在版编目(CIP)数据

食品加工和物流安全控制/董全,刘承初主编. —北京:中国质检出版社,2013

“十二五”普通高等教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5026 - 3680 - 7

I. ①食… II. ①董… ②刘… III. ①食品加工—质量管理 ②食品工业—物流—物资管理  
IV. ①TS207.7 ②F407.826.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 226792 号

## 内 容 提 要

本书系统地阐述了食品加工和物流安全控制的基础理论,食品加工和物流企业所应用的质量控制体系,介绍了粮食制品、果蔬制品、肉制品、乳制品、蛋制品、水产品、饮料等食品的生产工艺和每个操作单元以及在流通过程中可能产生的不安全隐患,最后论述了在控制这些隐患时所采用的 GMP、ISO 9000、ISO 22000、SSOP、HACCP 等质量、卫生、安全生产规范体系,以及它们在生产加工和物流过程中的具体应用。本书内容丰富、新颖,兼顾理论性和实用性,反映了食品加工和物流安全控制的现状与发展动态。

本书可作为高等院校食品质量与安全、食品科学与工程以及其他食品相关专业的教材,同时也可供科研、生产部门的研究人员和工作人员参考。

中国质检出版社 出版发行  
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号 (100013)

北京市西城区三里河北街 16 号 (100045)

网址: www. spc. net. cn

总编室: (010) 64275323 发行中心: (010) 51780235

读者服务部: (010) 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 21.25 字数 525 千字

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月第一次印刷

\*

定价: 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68510107

# — 审 定 委 员 会 —

陈宗道 (西南大学)

谢明勇 (南昌大学)

殷涌光 (吉林大学)

李云飞 (上海交通大学)

何国庆 (浙江大学)

王锡昌 (上海海洋大学)

林 洪 (中国海洋大学)

徐幸莲 (南京农业大学)

吉鹤立 (上海市食品添加剂行业协会)

巢强国 (上海市食品生产监督所)

# — 本 书 编 委 会 —

**主 编** 董 全 (西南大学)  
刘承初 (上海海洋大学)

**副主编** 张宇昊 (西南大学)  
高金燕 (南昌大学)  
王中凤 (合肥学院)

**参 编** 黄桂东 (江南大学)  
钟先锋 (江南大学)  
李学文 (新疆农业大学)  
李丰伯 (黄山学院)  
杨 红 (合肥学院)

# 序 言

---

近年来，人们对食品安全的关注度日益增强，食品行业已成为支撑国民经济的重要产业和社会的敏感领域。随着食品产业的进一步发展，食品安全问题层出不穷，对整个社会的发展造成了一定的不利影响。为了保障食品安全，规制食品产业的有序发展，近期国家对食品安全的监管和整治力度不断加强。经过各相关主管部门的不懈努力，我国已基本形成并明确了卫生与农业部门实施食品原材料监管、质监部门承担食品生产环节监管、工商部门从事食品流通环节监管的制度完善的食品安全监管体系。

在整个食品行业快速发展的同时，行业自身的结构性调整也在不断深化，这种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高的要求，而与此相关的高等教育正是在食品科学与工程各项理论的实际应用层面培养专业人才的重要渠道，因此，近年来教育部对食品类各专业的高等教育发展日益重视，并连年加大投入以提高教育质量，以期向社会提供更加适应经济发展的应用型技术人才。为此，教育部对高等院校食品类各专业的具体设置和教材目录也多次进行了相应的调整，使高等教育逐步从偏重基础理论的教育模式中脱离出来，使其真正成为为国家培养应用型的高级技术人才的专业教育，“十二五”期间，这种转化将加速推进并最终得以完善。为适应这一特点，编写高等院校食品类各专业所需的教材势在必行。

针对以上变化与调整，由中国质检出版社牵头组织了“十二五”普通高等教育规划教材（食品类）的编写与出版工作，该套教材主要适用于高等院校的食品类各相关专业。由于该领域各专业的技术应用性强、知识结构更新快，因此，我们有针对性地组织了西南大学、南昌大学、上海交通大学、浙江大学、上海海洋大学、中国海洋大学、南京农业大学、华中农业大学以及河北农业大学等 40 多所相关高校、科研院所以及行业协会中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出这套框架好、内容

新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足食品类各专业普通高等教育的不断发展和当前全社会范围内对建立食品安全体系的迫切需要；这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的应用型技术人才，进一步提高食品类各专业高等教育教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校食品类各专业的实际教学需要，本系列教材的编写尤其注重了理论与实践的深度融合，不仅将食品科学与工程领域科技发展的新理论合理融入教材中，使读者通过对教材的学习，可以深入把握食品行业发展的全貌，而且也将食品行业的新知识、新技术、新工艺、新材料编入教材中，使读者掌握最先进的知识和技能，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类高等教育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。

教材审定委员会

2012年4月

# 前 言

## • FOREWORD •

食品加工和物流是与人们生活关系最紧密的行业，它对整个国民经济的发展、国民生活质量和健康水平的提升，对构建和谐社会起着非常重要的作用。国家标准 GB/T 15091—1994《食品工业基本术语》中对食品加工（food processing）定义为：改变食品原料或半成品的形状、大小、性质或纯度，使之符合食品标准的各种操作。食品物流（food logistics）是以食品、食品相关服务及相关信息为对象的物流，是以满足消费者需求的供应链的组成部分，是食品从田间到餐桌的系统管理和综合应用。近30年来，我国食品工业迅猛发展，2011年食品工业总产值已达78078亿元。随着食品工业的持续发展，食品物流业也处于稳定快速发展之中。食品的门类比较齐全，在国际市场上具有较强的竞争力，大批量原材料采购、生产、加工及大流通已成为该行业的显著特点。然而，据统计，在我国食品的常温流通中，水果、蔬菜损失为20%~30%，粮油为15%，蛋为15%，肉为3%，加上食品的等级间隔、运输及加工损耗，每年造成上千亿元的经济损失，一些容易腐烂变质食品的售价中有70%是用来补贴在物流过程中的支出的。

随着我国经济的飞速发展，人民生活水平日益提高，人们对食品的要求不再仅仅限于数量和价格，而对其色、香、味和营养性，食用方便性，卫生安全性等品质要求也越来越高。我国食品工业最为显著的特点体现在“一长一多”两个方面：“从农田到餐桌”的食品产业链很长，从种植、养殖、加工、初加工、深加工到运输、贮存，一直到销售、餐



饮,有很长的环节,这导致了食品安全隐患的薄弱环节多;食品企业数量多,但规模小,产业集中度较低、工业化程度低、科技自主创新能力低。据统计,全国有40多万家食品生产加工企业,但规模以上的企业仅有31735家。这些特点导致了我国的食品加工和物流与发达国家相比仍有较大的差距。为了保证人民身体健康,保证食品的安全卫生,适应食品工业的快速发展和日益发展的国际贸易的需要,学习和掌握食品加工和物流安全控制的知识十分必要。

本书是为了适应我国食品加工和食品物流的发展和高等院校食品专业教育的需要而编写的,系统地阐述了食品加工和物流安全控制的基础理论,食品加工和物流企业所应用的质量控制体系,介绍了粮食制品、果蔬制品、肉制品、乳制品、蛋制品、水产品、饮料等食品的生产工艺和每个操作单元以及在流通过程中可能产生的不安全隐患,最后论述了在控制这些隐患时所采用的GMP、ISO 9000、ISO 22000、SSOP、HACCP等质量、卫生、安全生产规范体系,以及它们在生产加工和物流过程中的具体应用。

本书由全国7所高校多年从事食品加工和物流安全控制教学与科研工作的教师合力编写,由董全、刘承初主编。前言、第一章由西南大学董全编写,第二章由江南大学钟先锋编写,第三章由江南大学黄桂东编写,第四章由新疆农业大学李学文编写,第五章由西南大学张宇昊编写,第六章由南昌大学高金燕编写,第七章由黄山学院李丰伯编写,第八章由上海海洋大学刘承初编写,第九章由合肥学院王中凤和杨红编写。

在本书编写过程中,得到了编者所在单位、食品加工和物流企业以及上海市教育委员会(“085工程”)和西南大学国家食品科学与工程实验教学中心的大力支持和帮助,在此深表谢意。此外,由于编写人员业务水平有限,书中内容难免有不妥之处,敬请读者批评指正,更希望与我们进行探讨与交流。本书可作为农林、轻工、水产、商业及综合院校食品质量与安全专业本科生的教材或参考用书,也可供食品工业、食品物流行业从事管理及质量技术监督部门的工作人员参考使用。

编 者

2012年5月

# 目 录

## • CONTENTS •

第一章 绪 论	(1)
第一节 食品加工和物流安全概述	(1)
第二节 国内外食品加工和物流安全管理现状	(11)
复习思考题	(16)
第二章 食品加工和物流企业应用的质量控制体系	(18)
第一节 ISO	(18)
第二节 食品安全规范	(33)
第三节 卫生标准操作程序 (SSOP)	(55)
第四节 HACCP 体系	(57)
第五节 我国食品市场准入制度	(62)
复习思考题	(66)
第三章 粮食加工和物流的安全控制	(67)
第一节 粮食制品的安全性问题	(67)
第二节 粮食制品加工中的卫生操作规范	(75)
第三节 粮食加工和物流的安全控制	(78)
复习思考题	(100)
第四章 果蔬加工和物流的安全控制	(101)
第一节 果蔬制品常见的危害	(101)
第二节 加工保藏对果蔬原料的要求及预处理	(105)
第三节 果蔬制品加工和物流安全控制	(107)
复习思考题	(131)

<b>第五章 肉制品加工和物流的安全控制</b> .....	(132)
第一节 原料肉的卫生标准 .....	(132)
第二节 加工场所的卫生要求 .....	(136)
第三节 肉制品加工过程的安全控制 .....	(144)
第四节 肉制品加工和物流的安全控制 .....	(155)
复习思考题 .....	(174)
<b>第六章 乳制品加工和物流的安全控制</b> .....	(175)
第一节 乳的质量标准及卫生要求 .....	(175)
第二节 乳的污染及其预防 .....	(176)
第三节 乳制品加工和物流的安全控制 .....	(178)
复习思考题 .....	(224)
<b>第七章 蛋制品加工和物流的安全控制</b> .....	(225)
第一节 蛋制品加工过程的危害性分析 .....	(225)
第二节 蛋制品加工和物流的安全控制 .....	(232)
第三节 降低蛋与蛋制品表面微生物数量的方法 .....	(248)
复习思考题 .....	(251)
<b>第八章 水产品加工和物流的安全控制</b> .....	(253)
第一节 水产品中存在的危害 .....	(253)
第二节 水产品的加工环境及卫生规范 .....	(256)
第三节 水产品加工和物流的安全控制 .....	(266)
第四节 水产品贮运保鲜技术规范 .....	(273)
复习思考题 .....	(278)
<b>第九章 饮料生产和物流的安全控制</b> .....	(279)
第一节 概 述 .....	(279)
第二节 饮料加工的原辅材料及安全要求 .....	(284)
第三节 碳酸饮料安全生产和物流控制要点 .....	(298)
第四节 果蔬汁及果蔬汁饮料安全生产和物流控制要点 .....	(305)
第五节 包装饮用水安全生产和物流控制要点 .....	(312)
第六节 蛋白饮料安全生产和物流控制要点 .....	(315)
第七节 茶饮料安全生产和物流控制要点 .....	(318)
第八节 固体饮料和特殊用途饮料安全生产和物流控制要点 .....	(322)
复习思考题 .....	(326)
<b>主要参考文献</b> .....	(327)

# 第一章 绪 论

## 第一节 食品加工和物流安全概述

食品是人类赖以生存的物质基础,所以有“民以食为天”之说。食品的来源广泛,有些原料可以直接用作食物,有些需要经过加工,从食品产品成型到消费者的餐桌还要经过贮藏、运输等环节,因此,食品的性质、品质受到很多因素的影响。经过所谓的基本温饱、营养平衡、心理美学、生物功能活性等几代食品的发展后,消费者又回到了与自己有切身利害关系的食品安全问题上。食品安全问题其实不仅仅引起消费者个人的关注,也是食品生产者、经营者、政府等共同关心的大问题,因为从很大程度上来说,食品安全与国家安全紧密相关。

习惯上总是把食品安全与食品卫生混在一起,没有明确区分两者的差别。如今把食品安全问题单独提出,应该给出一个概念,但目前尚没有明确、统一的定义。1986年,世界卫生组织(WHO)曾将食品安全和食品卫生等同,将其定义为“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,WHO在《加强国家级食品安全计划指南》中对食品安全下的定义是:“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害的一种担保。”它主要是指在食品生产和消费过程中没有达到危害程度一定剂量的有毒、有害物质或因素的加入,从而保证人体按正常剂量和以正确方式摄入这样的食品时不会受到急性或慢性的危害,这种危害包括对摄入者本身及其后代的不良影响。“食品卫生”则是指“为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”。可见,这两个概念的主要区别在于前者强调的是结果,后者强调的是为了达到结果而进行的过程控制。

食品安全还有“量”和“质”的区分。对于经济不发达的国家和地区而言,食物供应量不足,不能解决民众的温饱问题,这就是食品安全的量的本质,英文用 food security 表示;在解决了供应量的问题后,由于有毒、有害物质对人类健康的损害,规模上可能较大,会造成公共问题,这就是“质”方面的食品安全问题,英文为 food safety。

2009年6月1日开始实施的《中华人民共和国食品安全法》(以下简称《食品安全法》)第九十九条规定的“食品安全”是指食品无毒、无害,符合应当有的营养要求,对人体健康不造成任何急性、亚急性或者慢性危害。

食品物流是以食品、食品相关服务及相关信息为对象的物流,是为满足消费者需求的食品供应链的组成部分,是食品从田头到餐桌的系统管理和综合应用。食品物流是一个庞大而复杂的系统,种类繁多,性质各异,因此,它既有一般物流的共同特性,又有以下突出的特点:

①食品物流链条长,顺畅运转难度大。从种植或养殖生产基地到加工企业,然后成为半成品或成品,进行包装、仓储、运输,最后到消费者的菜篮子,再到消费者的餐桌,经过数十个环节,历时数天甚至数十天。企业在食品供应链管理中,总是把食品供应的安全性和稳定性放在



首位。供应链的链条越长,干扰的因素就会越多,要保证食品的稳定供应和品质完好无损也就越难,食品的安全系数和稳定系数也就降低。

②食品行业是个小生产、大流通行业。食品物流运量大,价值低,运输利润低,交货期长,因此食品物流成本相对较高,成为食品价格的主要构成。目前,美国的食品物流费用占商品价格的32%,我国的食品行业物流费用达到30%~60%。影响食品物流成本的因素很多,国际油价、天气状况、交通运输状况的变动都会直接影响食品物流成本。食品供应链属于典型的功能性产品供应链,因此食品供应链的设计应着眼于各环节综合成本最小化,通过采购、生产和配送的平稳运作来降低成本。

③食品物流的管理难度很大。随着人们消费水平的提高,食品越来越多元化,产自世界及我国各地的食品充满了货架,食品的种类和档次繁多,供应商数量庞大,经常是小批量多批次供货,成本和价格变动也极频繁,这些都增加了管理的难度。

④生鲜食品物流管理难度最大。大部分食品物流的对象是鲜活的农产品,而中国的消费者又特别“挑剔”,总是希望买到活蹦乱跳的鸡鸭鱼虾。生鲜食品在运输过程中最易损耗,而且责任难以判别。

据统计,在我国食品的常温流通中,水果、蔬菜损失为20%~30%,粮油为15%,蛋为15%,肉为3%,加上食品的等级间隔、运输及加工损耗,每年造成上千亿元的经济损失。美国埃森哲咨询公司公布的统计数据表明,在运输过程中腐烂、变质的损失不低于750亿美元。一些容易腐烂的食品售价中70%是用来补贴在物流过程中货损的支出。中国食品物流供应链被戴上了“费用昂贵、耗损严重、无利可图且容易造成食物中毒”的帽子。

⑤食品物流对清洁卫生、物流设备和工作人员有特殊要求。各类食品具有特定的保鲜期和保质期,为了保证食品的营养成分和食品安全性,食品物流对食品的交货时间均有严格要求。食品物流对温度和湿度有特殊的要求,必须针对不同类型的食品采取不同的“多温度食品分发技术”。在食品消费中生鲜食品和冷冻食品占有很大的比重,这类食品的物流必须有相应的冷链。

食品物流安全是指食品从种植、养殖、加工、包装、贮藏、运输、销售到消费整个流动过程需符合国家强制标准和要求,不存在可能损害或威胁人体健康的有毒有害物质以导致消费者病亡或者危及消费者及其后代的隐患。在我国,食品物流安全的监管主要是政府监管模式,即政府依据相关的法律法规,通过对食品的市场准入、生产加工、流通消费等多个涉及食品物流安全的环节进行直接监督与管理,从而来保障食品安全和食品市场的稳定运行。

## 一、食品加工与食品安全的关系

食品加工是农产品原料经粗加工或深加工成为有包装的半成品、成品的过程。这是农产品成为食品的重要环节,也是食品安全性的保障环节,此环节中食品易受到多种化学性和物理性污染物的污染,它决定着农产品从农场进入餐桌的安全性。

食品生产加工过程操作方式不当,会产生N-亚硝基化合物、苯并(a)芘、杂环胺等对人体有害的物质。如果食品加工过程中超量或超范围使用食品添加剂,非法使用非食品添加剂,加工所用的金属机械、容器、管道等设备中所含金属毒物发生迁移,使用不符合卫生要求的包装材料,使其中的有害物质溶出和迁移,均能使这些有害物质污染食品。这些污染物会影响食品流通乃至销售的全过程。

## (一) N-亚硝基化合物

N-亚硝基化合物(N-nitroso compounds)是一类对动物有较强致癌作用的化学物质。迄今已研究过的300多种亚硝基化合物中,90%以上对动物有不同程度的致癌性。

N-亚硝基化合物包括N-亚硝胺(N-nitrosamine)和N-亚硝酰胺(N-nitrosamide)两大类。低分子量的N-亚硝胺在常温下为黄色油状液体,而高相对分子质量的N-亚硝胺多为固体。二甲基亚硝胺可溶于水和有机溶剂,其他则不能溶于水,只能溶于有机溶剂。N-亚硝胺在中性和碱性环境中较稳定,在一般条件下不易发生水解,但在特殊条件下也可发生水解、转亚硝基、氧化还原和光化学反应等。亚硝酰胺的化学性质活泼,在酸性或碱性条件下均不稳定,在酸性条件下可分解为相应的酰胺和亚硝酸,在碱性条件下可迅速分解为重氮烷。

### 1. N-亚硝基化合物的前体物

N-亚硝基化合物的前体物质硝酸盐、亚硝酸盐和胺类,广泛存在于人类的生活环境中,它们经过化学或生物学的途径合成多种N-亚硝基化合物。在鱼、肉制品的加工(尤其是腌制)中,常添加硝酸盐作为防腐剂和护色剂,而这些食品(如香肠、火腿等)直接加热(如油炸、煎和烤等)会引起亚硝胺的合成。蔬菜在贮藏过程中,其所含有的硝酸盐和亚硝酸盐也会在适宜的条件下与食品中蛋白质分解的胺反应生成亚硝胺类化合物。

#### (1) 蔬菜中的硝酸盐和亚硝酸盐

硝酸盐和亚硝酸盐广泛地存在于人类生存的环境中,是自然界最普遍的含氮化合物。土壤和肥料中的氮在土壤微生物(硝酸盐生成菌)的作用下可转化为硝酸盐。而蔬菜等植物在生长过程中可从土壤吸收硝酸盐,在植物体内酶的作用下将其还原为氨,并进一步与光合作用合成的有机酸反应生成氨基酸、蛋白质和核酸等。当光合作用不充分时,植物体内可积蓄较多的硝酸盐。新鲜蔬菜中硝酸盐含量差异很大,不同种类的蔬菜中硝酸盐含量可相差数十倍,主要与作物种类、栽培条件以及环境因素有关。蔬菜中亚硝酸盐含量通常远远低于硝酸盐含量。蔬菜的保存和处理过程对硝酸盐和亚硝酸盐含量也有很大影响,如蔬菜在腌制过程中,亚硝酸盐含量明显增高,不新鲜蔬菜的亚硝酸盐含量亦可明显增高。其含量需在 $0.01 \sim 6.0 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。

#### (2) 动物性食物中的硝酸盐和亚硝酸盐

用硝酸盐腌制鱼、肉等动物性食品是许多国家和地区的一种古老和传统的方法,其机理是通过细菌将硝酸盐还原为亚硝酸盐,亚硝酸盐分解产生的NO可与肌红蛋白结合,形成亚硝基肌红蛋白,可使腌肉、腌鱼等保持稳定的红色,从而改善此类食品的感官性状。其后发现只需用很少量的亚硝酸盐处理,就能达到较大量硝酸盐的效果,于是亚硝酸盐逐步取代硝酸盐用作食品防腐剂和护色剂。虽然使用亚硝酸盐作为食品添加剂有产生N-亚硝基化合物的可能,但目前尚无更好的替代品,故仍允许限量使用,并且它还可以防止肉毒梭状芽孢杆菌的产生,提高食用肉制品的安全性。GB 2760—2011规定硝酸钠、硝酸钾在肉制品中的最大使用量不得超过 $0.5 \text{ g}/\text{kg}$ ,亚硝酸钠、亚硝酸钾在肉制品中不得超过 $0.15 \text{ g}/\text{kg}$ ,而其亚硝酸盐残留量(以亚硝酸钠计)在肉制品中不得超过 $30 \text{ mg}/\text{kg}$ ,肉罐头不得超过 $50 \text{ mg}/\text{kg}$ 。

#### (3) 环境和食品中的胺类

有机胺类化合物是N-亚硝基化合物的另一类前体物,其广泛存在于环境和食物中。胺类化合物是蛋白质、氨基酸、磷脂等生物大分子合成的必需原料,故也是各种天然动物性和植





物性食品的成分。

在有机胺类化合物中,以仲胺(即二级胺)合成 N-亚硝基化合物的能力最强。鱼和某些蔬菜中的胺类和二级胺类物质含量较高,鱼肉中二甲胺的含量多在 100 mg/kg 以上。其含量随其新鲜程度、加工过程和储藏条件的不同而有很大差异,晒干、烟熏、灌装等加工过程均可致二级胺含量明显增加。在蔬菜中,胡萝卜的二级胺含量较高,此外,玉米、小麦、面包等食品中也有较多的二级胺。

## 2. 食品中的 N-亚硝基化合物

### (1) 鱼、肉制品

肉、鱼等动物性食品中含有丰富的蛋白质、脂肪和少量的胺类物质。在其腌制、烘烤等加工过程中,尤其是在油煎、油炸等烹调过程中,可产生较多的胺类化合物。腐烂变质的鱼肉类也可产生大量的胺类,包括二甲胺、三甲胺、腐胺、脂肪族聚胺和胶原蛋白等。这些胺类化合物能与亚硝酸盐反应生成亚硝胺。

### (2) 乳制品

某些乳制品(如干奶酪、奶粉等)含有微量的挥发性亚硝胺,其含量多在 0.5 ~ 5.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  范围内。

### (3) 蔬菜、水果

蔬菜和水果中含有的硝酸盐、亚硝酸盐和胺类物质在长期储藏加工过程中,可发生反应生成微量亚硝胺,含量在 0.01 ~ 6.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  范围内。

### (4) 啤酒

在传统的啤酒生产过程中,大麦芽在窑内加热干燥时,其所含大麦芽碱和仲胺等能与空气中的氮被氧化产生的氮氧化物发生反应,生成二甲基亚硝胺。许多国家在啤酒生产过程中采用各种方法,对啤酒中亚硝基化合物含量进行了控制。其中二甲基亚硝胺含量,美国和日本为 5.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,英国、德国、比利时、荷兰等欧盟国家为 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,瑞士为 1.0  $\mu\text{g}/\text{L}$ ,加拿大为 1.5  $\mu\text{g}/\text{L}$ 。我国 GB 2758 规定啤酒中二甲基亚硝胺含量应为 3  $\mu\text{g}/\text{L}$ 。

## 3. 预防措施

### (1) 防止食物霉变或被其他微生物污染

由于某些细菌或霉菌等微生物可还原硝酸盐为亚硝酸盐,而且许多微生物可分解蛋白质,生成胺类化合物,或有酶促亚硝基化作用,因此,防止食物霉变或被细菌污染对降低食物中亚硝基化合物含量至关重要。在食品加工时,应保证食品新鲜,并注意防止微生物污染。

### (2) 控制食品加工中硝酸盐或亚硝酸盐用量

控制食品加工中硝酸盐或亚硝酸盐的使用量,可减少亚硝基化合物前体的量从而减少亚硝胺的合成。在加工工艺可行的情况下,尽可能使用亚硝酸盐的替代品。

### (3) 施用钼肥

农业用肥及用水与蔬菜中亚硝酸盐和硝酸盐含量有密切关系。使用钼肥有利于降低蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐含量。如白萝卜和大白菜等施用钼肥后,亚硝酸盐含量平均降低 1/4 以上。

### (4) 增加维生素 C 等亚硝基化反应阻断剂的摄入量

维生素 C 有较强的阻断亚硝基化反应的作用。许多的食物成分,如维生素 E、酚类及黄酮类化合物等也有较强的抑制亚硝基化反应的作用,故茶叶、猕猴桃、沙棘果汁等对预防亚硝胺

的危害有较好效果。大蒜中的蒜素可抑制胃内硝酸盐还原菌的活性,使胃内亚硝酸盐含量明显降低。

#### (5) 制定标准并加强监测

应加强对食品中 N-亚硝基化合物含量的监测,严禁食用 N-亚硝基化合物含量超标的食物。我国制定的《食品中污染物限量》(GB 2762—2005)提出了食品中 N-亚硝胺的限量标准及食品中亚硝酸盐限量(以亚硝酸钠计)标准。其中规定,海产品中 N-二甲基亚硝胺  $\leq 4 \mu\text{g}/\text{kg}$ , N-二乙基亚硝胺  $\leq 7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ;肉制品中 N-二甲基亚硝胺  $\leq 3 \mu\text{g}/\text{kg}$ , N-二乙基亚硝胺  $\leq 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ , 亚硝酸盐  $\leq 3 \text{mg}/\text{kg}$ ;粮食中亚硝酸盐  $\leq 3 \text{mg}/\text{kg}$ ;蔬菜中亚硝酸盐  $\leq 4 \text{mg}/\text{kg}$ ;鱼中亚硝酸盐  $\leq 3 \text{mg}/\text{kg}$ ;蛋中亚硝酸盐  $\leq 5 \text{mg}/\text{kg}$ ;酱腌菜中亚硝酸盐  $\leq 20 \text{mg}/\text{kg}$ ;乳粉中亚硝酸盐  $\leq 2 \text{mg}/\text{kg}$ ;盐中(以氯化钠计)亚硝酸盐  $\leq 2 \text{mg}/\text{kg}$ 。

## (二) 苯并[a]芘

苯并[a]芘[benzo(a)pyrene, B(a)P]是多环芳香烃类化合物的一种主要致癌性物质。在食品中分布,几乎各类食品都有可能受到污染。在鲜肉、熏制食品、烘烤食品、各类蔬菜、水果、海产品、植物油及酒类中都能检出。

### 1. 食品加工过程中的污染

#### (1) 烟熏、烘烤

熏烤食品有熏鱼片、熏红肠、熏鸡及火腿等动物性食品。烘烤食品有月饼、面包、糕点、烤肉、烤鸡、烤鸭及烤羊肉等。烟熏、烘烤食品含水量少,产品比较干燥,水分活度比较低,不利于微生物生长繁殖,食品不容易腐败变质。熏烤、烘烤常用的燃料有煤、木炭、焦炭、煤气和电热等。由于燃烧产物与食品直接接触,烟尘中的苯并(a)芘直接接触食品而污染。有人对木材燃烧时所产生的高温裂解产物进行了分析,发现在所有的燃烧温度下均可产生苯并(a)芘。另外,由于烘烤温度高,食品中的脂肪、胆固醇等成分,可在烹调加工时经高温热解或热聚,形成苯并(a)芘。由于食品种类、生产加工、烹调方法的差异以及距离污染源的远近等因素的不同,食品中苯并(a)芘的含量差异很大。据研究报道,烤肉、烤香肠中苯并(a)芘含量一般为  $0.17 \sim 0.68 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,炭火烤的肉可达  $2.6 \sim 11.2 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。在烤制过程中动物食品所滴下的油滴中苯并(a)芘含量是动物食品本身的(10~70)倍。当食品在烟熏和烘烤过程中发生焦烤或炭化时,苯并(a)芘生成量将显著增加,特别是烟熏温度在  $400 \sim 1000^\circ\text{C}$  时,苯并(a)芘的生成量可随着温度的上升而急剧增加。如当淀粉在加热至  $390^\circ\text{C}$  时可产生  $0.7 \mu\text{g}/\text{kg}$  苯并(a)芘,加热至  $650^\circ\text{C}$  时可产生  $17 \mu\text{g}/\text{kg}$  苯并(a)芘;葡萄糖、脂肪酸加热至  $650^\circ\text{C}$  时可分别产生  $7 \text{mg}/\text{kg}$  和  $88 \text{mg}/\text{kg}$  苯并(a)芘。

#### (2) 加工过程的污染

由于某些设备管道或包装材料中含 3,4-苯并芘,加工过程中使用含 3,4-苯并[a]芘的容器、管道、运输材料、包装材料以及含多环芳烃(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)的液态石蜡涂渍的包装纸等均会对食品造成苯并(a)芘的污染。

如在采用橡胶管道输送原料或产品时,橡胶的填充料炭黑和加工橡胶时用的重油中均含有苯并[a]芘,当液体食品如酱油、醋、酒、饮料等经过这些管道输送时,苯并[a]芘有可能转移到食品中,尤其是将橡胶管长期浸泡在食品中,其危害性更大。包装糖果、棒冰、面包等要用蜡纸,矿蜡苯并[a]芘的含量较高。食品加工机械用的润滑油中苯并[a]芘含量高,若密封不好,





润滑油滴入后也会使食品受到污染。粮食、菜籽在柏油公路上晾晒,温度高时熔化的柏油可附着在粮食上,导致苯并[a]芘含量显著增高。

## 2. 预防措施

### (1) 防止污染,改进食品加工方法

加强环境治理,减少环境苯并(a)芘的污染,从而减少其对食品的污染;熏制、烘烤食品及烘干粮食等加工过程应改进燃烧过程,选用发烟少的燃料,最好是电热烘烤,加排烟装置;避免食品直接接触炭火,使用熏烟洗净器或冷熏液;不在柏油路上晾晒粮食和油料种子等,以防沥青沾污;食品生产加工过程中要防止润滑油污染食品,或改用食用油作润滑剂。

### (2) 去毒处理

用吸附法可去除食品中一部分苯并(a)芘。活性炭是从油脂中去除苯并(a)芘的优良吸附剂,在浸出法生产的菜油中加入0.3%~0.5%活性炭,在90℃下搅拌30 min,并在140℃、93.1 kPa真空条件下处理4 h,其所含苯并(a)芘即可去除89%~95%。此外,用日光或紫外线照射食品也能降低其苯并(a)芘含量。

### (3) 制定食品中允许含量标准

我国食品卫生标准规定,烧烤或熏制的动物性食品,以及稻谷、小麦、大麦中苯并(a)芘含量 $\leq 5 \mu\text{g}/\text{kg}$ ,食用植物油中苯并(a)芘 $\leq 10 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。

## (三) 杂环胺

杂环胺(heterocyclic amines, HCAs)是一类化合物,包括氨基咪唑氮杂芳烃(AIAs)和氨基喹啉(carboline)两大类,二者都有致癌和致突变的作用。

### 1. 杂环胺的生成

食品中的杂环胺类化合物主要产生于高温烹调的加工过程中,尤其是蛋白质含量丰富的鱼、肉类食品在高温烹调时更容易产生。产生和形成杂环胺的因素主要有两方面。

#### (1) 烹调方式

加热温度是杂环胺形成的重要影响因素。当温度从200℃升至300℃时,杂环胺的生成量可增加5倍。杂环胺的前体物是水溶性的,加热后,水溶性前体物向表面迁移并逐渐干燥,其加热后的主要反应是产生AIAs类杂环胺。

烹调时间对杂环胺的生成也有一定影响。在200℃油炸温度时,杂环胺主要在前5 min形成,在5~10 min形成减慢,进一步延长烹调时间则杂环胺的生成量不再明显增加。

食品中的水分是杂环胺形成的抑制因素。因此,加热温度越高、时间越长、水分含量越少的食物,产生的杂环胺越多。而烧、烤、煎、炸等直接与火接触或与灼热的金属表面接触的烹调方法,由于可使水分很快丧失且温度较高,产生杂环胺的数量远远大于炖、焖、煨、煮及微波炉烹调等温度较低、水分较多的烹调方法。

#### (2) 食物成分

在烹调温度、烹调时间和食物水分含量相同的情况下,营养成分不同的食物产生的杂环胺种类和数量也有很大差异。

一般而言,蛋白质含量较高的食物产生的杂环胺较多,而蛋白质的氨基酸构成则直接影响所产生杂环胺的种类。肌酸或肌酐是杂环胺中 $\alpha$ -氨基-3-甲基咪唑部分的主要来源,所以含有肌肉组织的食品能大量产生AIAs类杂环胺。