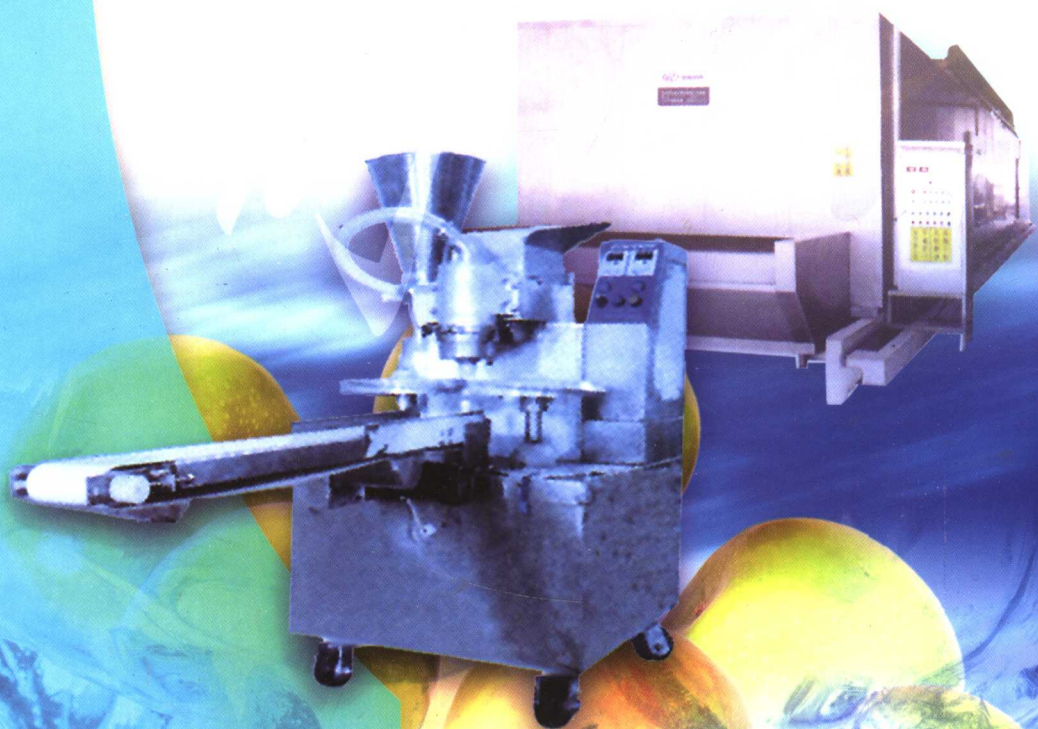


制冷与食品保藏技术

ZHILENG YU SHIPINBAOCAO JISHU

隋继学 主编



中国农业大学出版社

制冷与食品保鲜技术

陈维平 主编



中国轻工业出版社

制冷与食品保藏技术

隋继学 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷与食品保藏技术/隋继学主编. —北京:中国农业大学出版社,2005.3

ISBN 7-81066-858-7

I. 制… II. 隋… III. ①制冷技术②食品保鲜-技术 IV. ①TB66②TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 005492 号

书 名 制冷与食品保藏技术

作 者 隋继学 主编

策划编辑 魏秀云 责任编辑 陈巧莲 洪重光

版式设计 刘 玮 责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62731190,2620

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 30.5 印张 557 千字

印 数 1~3 500

定 价 35.00 元

邮政编码 100094

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail: caup @ public. bta. net. cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 隋继学

副主编 袁 仲 叶新民 李 刚

编 写(以姓氏笔画为序)

叶新民(安徽徽州职业技术学院)(筹)

李 刚(河南纺织高等专科学校)

李云芳(郑州牧业工程高等专科学校)

李建雄(河南机电高等专科学校)

苏铁青(郑州牧业工程高等专科学校)

张一鸣(郑州牧业工程高等专科学校)

张百胜(河南商丘职业技术学院)

赵志军(郑州牧业工程高等专科学校)

贺小营(郑州牧业工程高等专科学校)

袁 仲(河南商丘职业技术学院)

程花蕊(郑州牧业工程高等专科学校)

隋继学(郑州牧业工程高等专科学校)

鲍 琳(郑州牧业工程高等专科学校)

鲍智鸿(安徽徽州职业技术学院)(筹)

魏庆葆(郑州牧业工程高等专科学校)

主 审 何绍书(天津商学院)

前 言

随着国民经济的发展和人民生活水平的不断提高,制冷技术、食品冷藏技术与食品其他保藏技术日益受到人们广泛的关注。随着我国食品工业的不断发展和对外贸易的需要,对保持食品原有的外观和质量的要求也越来越高。为适应制冷与食品保藏技术发展的要求和食品加工工艺、食品厂设备运行与管理、食品冷冻冷藏、食品包装与装潢、食品安全与质量检测、农产品储藏与运销等专业的需要,郑州牧业工程高等专科学校等院校组织编写了这本《制冷与食品保藏技术》教材,供大专院校相关专业师生教学与科研学习使用。本书也适用于从事制冷技术和食品速冻加工设备生产与安装、速冻食品生产与销售、食品加工及保藏行业的工程技术人员、业务人员学习参考。

本书系统地介绍了制冷和食品保藏技术的理论基础、制冷技术在食品冷冻冷藏行业的应用以及国内外食品保藏方面的先进技术、最新科研成果等。书中附有大量图表、例题和复习题,以便学生或其他读者更好地学习、掌握本书内容。

本书由隋继学任主编,负责制定编写大纲和各章节的统稿,袁仲、叶新民、李刚任副主编,负责部分章节的编写和统稿。全书共分3篇计18章,各章节编写人员是:第一篇第一章隋继学,第一篇第二章贺小营、程花蕊,第一篇第三章李刚,第一篇第四章鲍琳,第二篇第一章李云芳,第二篇第二章李刚、张一鸣,第二篇第三章程花蕊、贺小营,第二篇第四章张一鸣、赵志军,第二篇第五章赵志军、隋继学,第二篇第六章魏庆葆,第二篇第七章叶新民,第二篇第八章李建雄,第三篇第一章叶新民,第三篇第二章张百胜,第三篇第三章鲍智鸿,第三篇第四章袁仲、张百胜,第三篇第五章袁仲,第三篇第六章苏铁青。

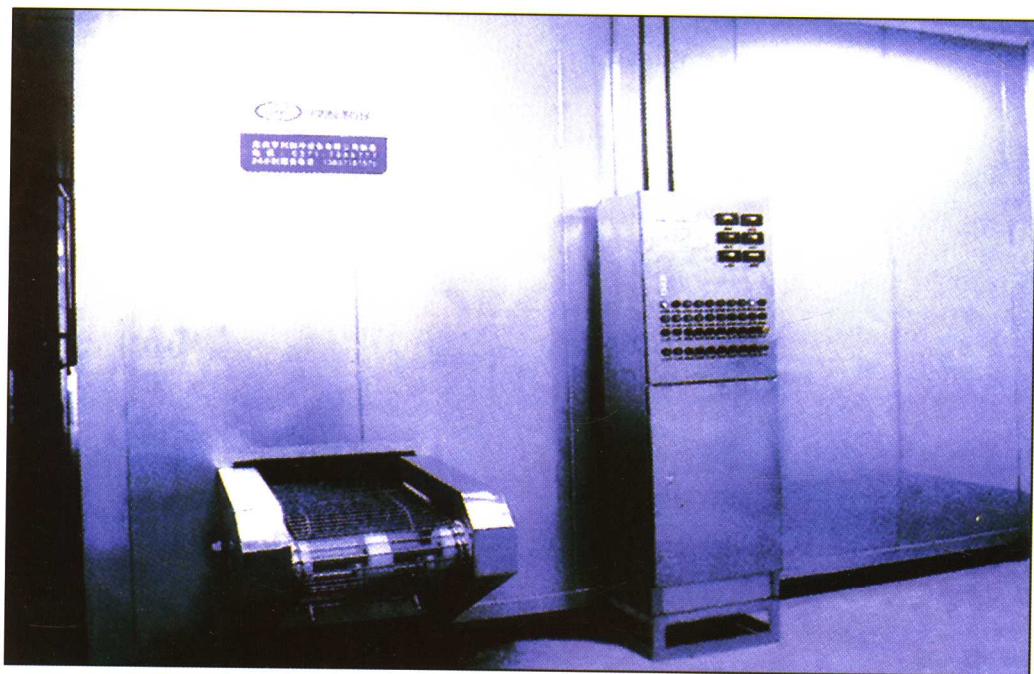
本书由天津商学院院长、天津制冷学会理事长、博士生导师何绍书教授主审。

由于编者水平有限,不妥和错误之处,敬请读者给予批评指正,以便修正。

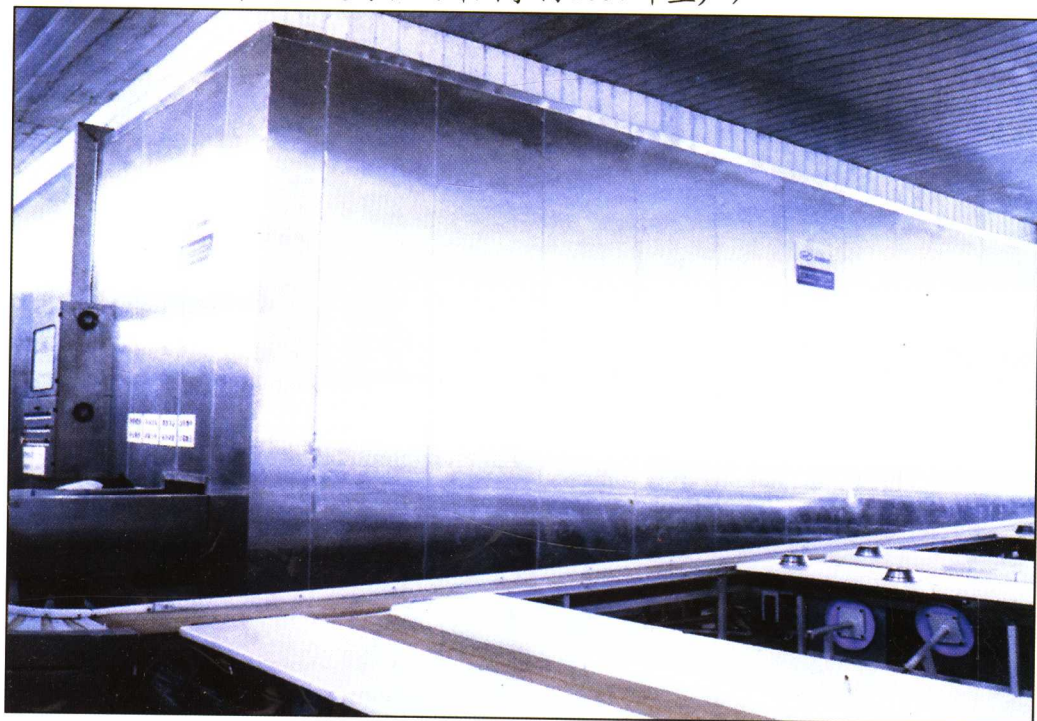
另外,本书在编写过程中,得到了郑州亨利制冷设备有限公司、河南思念食品股份有限公司等单位的大力支持,在此一并致谢!

编 者

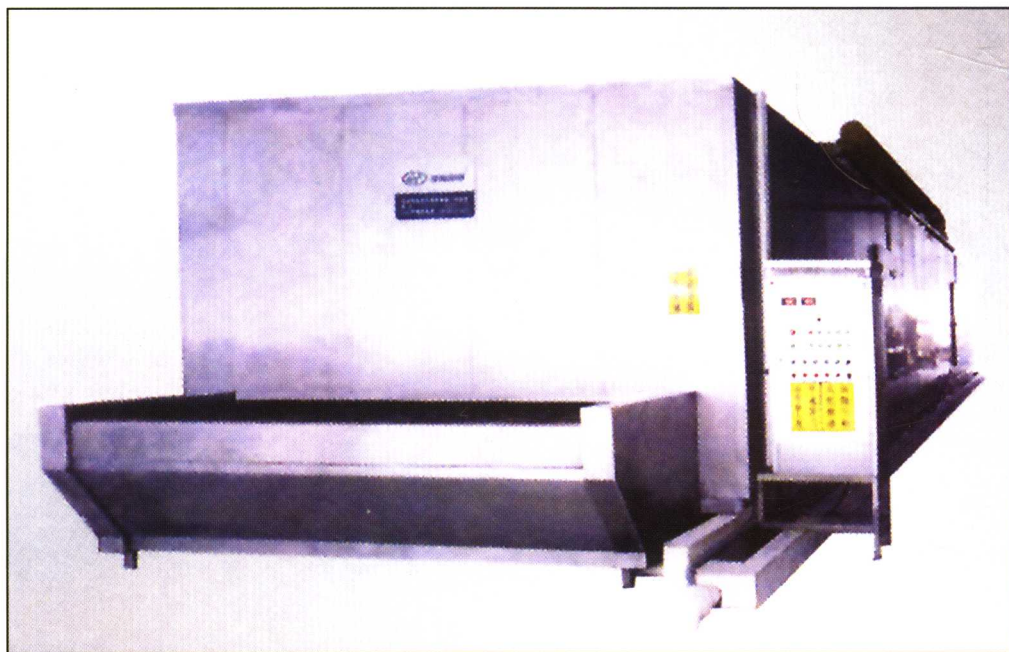
2005年2月



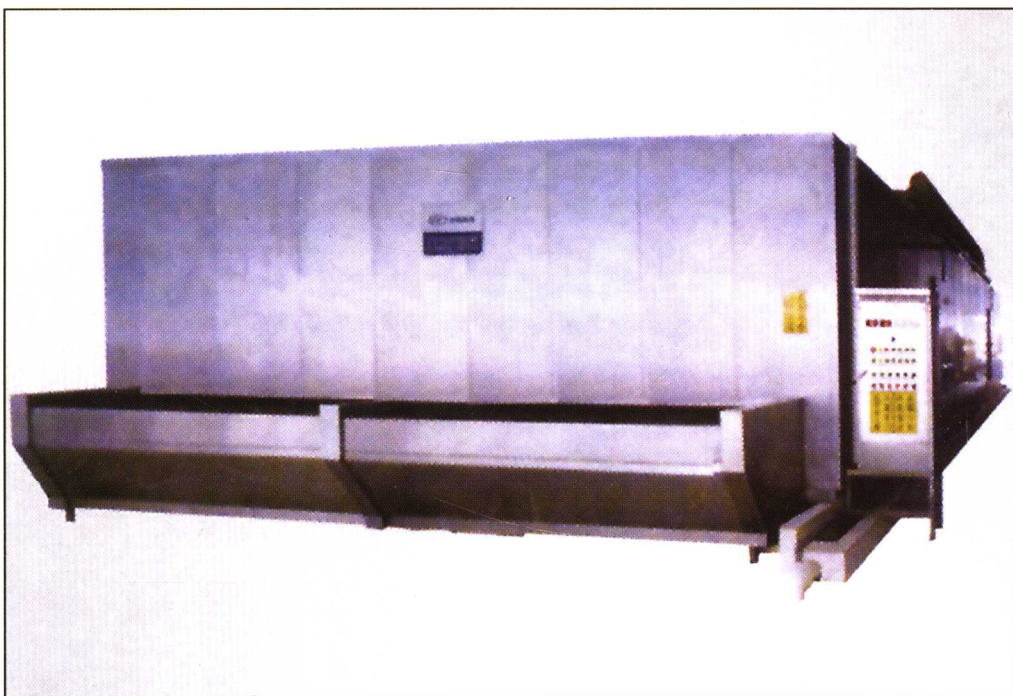
彩图 1 河南思念食品股份有限公司 2004 年投入使用的
单螺旋速冻机 (郑州亨利 2004 年生产)



彩图 2 郑州三全食品股份有限公司 2004 年投入使用的
双螺旋速冻机 (郑州亨利 2004 年生产)



彩图 3 河南思念食品股份有限公司 2004 年投入使用的
单网带速冻机（郑州亨利 2004 年生产）



彩图 4 郑州云鹤食品有限公司 2004 年投入使用的
双网带速冻机（郑州亨利 2004 年生产）

目 录

第一篇 制冷技术

第一章 制冷与冷藏概述	3
第一节 制冷与冷藏技术发展简史	3
第二节 我国食品工业概述	4
第三节 食品冷冻冷藏业的现状与发展	7
第二章 制冷原理	11
第一节 人工制冷的基本理论	11
第二节 制冷剂、载冷剂与润滑油	18
第三节 单级蒸气压缩式制冷循环	38
第三章 制冷设备	45
第一节 制冷压缩机	45
第二节 冷凝器与蒸发器	51
第三节 节流装置	57
第四节 制冷系统辅助设备	59
第四章 冷藏库	65
第一节 冷藏库的类型及组成	65
第二节 冷藏库容量的计算	69
第三节 冷藏库的建筑结构	71
第四节 冷藏库的制冷系统	75
第五节 冷藏库的隔热与防潮	81
第六节 制冷系统的安全技术	84
第七节 冷藏库的使用管理与维护	89
第八节 装配式冷藏库	92

第二篇 食品冷藏技术

第一章 食品冷藏的基本原理	101
第一节 食品中的化学成分	101

第二节 食品变质的原因·····	107
第三节 食品冷藏的基本原理·····	117
第二章 食品的冷却冷藏·····	122
第一节 食品冷却介质·····	122
第二节 食品冷加工的种类及温度范围·····	125
第三节 食品的冷却速度与时间·····	128
第四节 食品冷却方法·····	129
第五节 食品冷却时的变化·····	135
第三章 食品的冻结冷藏·····	141
第一节 食品的冻结过程·····	141
第二节 食品冻结的热负荷·····	145
第三节 食品冻结的速度与时间·····	147
第四节 食品的冻结冷藏·····	153
第五节 冻结食品的 T.T.T. 理论 ·····	158
第六节 冻结食品的解冻·····	160
第四章 速冻食品加工工艺·····	163
第一节 食品冻结的基本原理·····	163
第二节 食品速冻装置·····	172
第三节 食品速冻工艺·····	192
第五章 肉类的冷藏技术·····	202
第一节 肉类的组成及特性·····	202
第二节 肉类的冷却冷藏·····	209
第三节 肉类的冻结冷藏·····	222
第四节 分割肉及副产品的冷加工·····	230
第五节 肉类的质量控制·····	234
第六章 果蔬的冷藏技术·····	237
第一节 果蔬的化学组成及分类·····	237
第二节 果蔬的冷却冷藏·····	245
第三节 果蔬的速冻工艺·····	251
第七章 食品的冷冻干燥·····	264
第一节 食品冷冻干燥原理·····	264
第二节 冷冻干燥工艺·····	268
第三节 食品冷冻干燥设备·····	271

第八章 食品冷藏链	277
第一节 食品冷藏链的发展概况.....	277
第二节 食品冷藏链运输设备.....	284
第三节 食品冷藏链销售设备.....	292

第三篇 食品其他保藏技术

第一章 食品杀菌保藏法	301
第一节 食品加热杀菌.....	301
第二节 食品高压杀菌	318
第三节 食品超声波杀菌.....	323
第四节 高压脉冲电场杀菌.....	324
第二章 食品辐照保藏法	327
第一节 辐照的基本原理.....	327
第二节 辐照保鲜基本效应.....	332
第三节 辐照在食品保鲜中的应用.....	344
第三章 食品气调保藏法	355
第一节 气调保藏法概述.....	356
第二节 气调贮藏的原理与方法.....	360
第三节 气调保鲜的条件.....	369
第四节 气调冷藏库.....	386
第四章 干燥脱水保藏法	403
第一节 食品干燥保藏原理.....	403
第二节 食品干制的工艺过程.....	407
第三节 食品干燥方法与设备.....	414
第五章 食品化学保藏法	426
第一节 食品腌渍保藏法.....	426
第二节 食品烟熏保藏法.....	435
第三节 食品防腐剂保藏法.....	440
第六章 食品的包装	449
第一节 食品包装的目的.....	449
第二节 食品包装材料.....	451
第三节 食品包装方法.....	464
参考文献	477

第一篇

制 冷 技 术

第一章 制冷与冷藏概述

制冷与冷藏技术在食品工业上的应用有非常悠久的历史,通过了解制冷与冷藏技术的发展史、制冷与冷藏技术在我国国民经济各个行业和各个部门的应用以及食品冷冻冷藏业的现状与发展,可以更清楚地认识到制冷与食品冷藏技术对国民经济发展的重要性,从而更好地系统学习、掌握制冷与食品冷藏知识。

第一节 制冷与冷藏技术发展简史

制冷技术是一门研究人工制冷原理、方法以及如何运用机械设备获得低温的科学技术。

制冷作为一门科学,是指用人工的方法在一定时间和一定空间内,将某物体冷却,使其温度降到环境温度以下,并保持这个低温的过程。

机械制冷中所需要的机器与设备的总和称为制冷机。制冷机中使用的工作介质称为制冷剂,简称工质。

将食品的温度由常温降低到指定温度但不低于食品汁液的冻结点,称为冷却。食品经冷却后贮藏称为冷却冷藏,食品经冻结后贮藏称为冻结冷藏。一般没有特别说明,食品的冷藏包括上述 2 个方面。

制冷与冷藏技术在我国有悠久的发展历史。早在 3 000 多年前,我国劳动人民就可以利用天然冷源来贮藏食品。冬季采集冰雪贮藏在冰窖里,夏季再取出来使用。如春秋时代的《诗经》上就有“凿冰冲冲,纳于凌阴”的诗句。“凌阴”为冰窖,管理冰窖的人为“凌人”。这是世界上关于采集、贮存和使用天然冰的最早记录。

春秋战国时期,各国几乎都有藏冰房,用冰保存尸体。在生产力还很落后的奴隶社会,我国劳动人民就已经掌握了用冰制冷技术。

到了秦代,冰的使用进了一步。《艺文志》记载:“大秦国有五宫殿,以水晶为柱拱,内实以冰,遇夏开放”。可见,当时把冰已经用于空气调节了。

到了唐朝,天然冰雪作为冷源被广泛利用。《唐云仙杂记》:“长安冰雪,至夏月则价等全璧,惟白乐天以诗名动于闾阎,每需冰雪,论筐取之,不复偿值”。

元朝初年,意大利人马可·波罗(1254—1324)来到中国,居住 20 多年后,写出

了著名的《马可·波罗游记》。这本书描写了当时中国社会的繁荣兴盛,并把中国用冰保存鲜肉和制造冷食的技术带了回去,传遍欧洲各地。

明朝时为把 200 多 t 重的巨石搬运到故宫工地,就在沿路开凿了很多水井,人称“百步一井”。冬季提水浇路,形成冰道,把巨石拉到目的地。

到了 19 世纪初期,食品冷藏技术由于冷源的改进而取得了划时代的发展。1834 年,PerKins 发明了可液化气体的压缩式制冷机。1844 年,Gorrie 发明了空气循环制冷机。1859 年,Carre 发明了氨水吸收式制冷系统,并申请了原理专利。1875 年,Carre 和 Linde 发明了以氨为制冷剂的蒸汽压缩式制冷机。1876 年,Linde 制造了他的第一台氨压缩机,并于 1877 年安装于一家啤酒厂,一直运行到 1908 年。1880 年起,美国开始大规模生产氨压缩机。1910 年左右,Maurice Lehland 在巴黎发明了蒸汽喷射式制冷系统。1910 年,家用冰箱问世,并于 1917 年作为商品投放美国市场。1930 年,氟里昂制冷剂的使用和氟里昂制冷系统的出现,给制冷机的使用和制冷技术带来变革,也使食品冷藏技术进入了一个新阶段。1945 年,以水为制冷剂的溴化锂吸收式制冷机开始问世,并很快在大型空调领域中得到广泛应用。

从此,人工冷源开始代替天然冷源,使制冷及食品冷藏技术发生了根本性变革。

解放初期,我国冷藏库总容量只有 2.2 万 t。由于党和政府重视,1983 年底,我国仅商业系统冷藏库容量就达到 220 万 t。1989 年年底,国有冷藏库容量为 388 万 t。1994 年年底,全国冷藏库容量超过 500 万 t。目前,据不完全统计,我国冷藏库总容量已达 700 万 t。

改革开放以来,制冷与食品冷藏业是我国发展最快的行业之一。

第二节 我国食品工业概述

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,我国人民的食物状况已经发生了深刻的变化。国务院发布的 2001—2010 年中国食物与营养发展纲要,为我国食物(食品)发展提出了任务,指明了方向。今后 10 年,将是我国居民食物结构迅速变化和营养水平不断提高的重要时期。加快食物发展,改善食物结构,提高全民的营养水平,增进人民身体健康,是国民整体素质提高的迫切需要,也是我国社会主义现代化建设的重大任务。

食品工业是指有一定生产规模,相当的动力和设备,采用科学生产和管理方法,生产商品化食品及其他工业产物的体系。

食品工业为社会提供丰富多彩的安全食品和其他制品,也必将在我国居民的饮食结构改善、营养与健康水平的提高以及国防和抗灾救灾等方面发挥重要的作用。

食品工业已是我国国民经济的支柱产业之一,发展食品工业不仅能为社会带来稳定的局面,也必将促进相关行业、产业的迅速发展。

按我国国民经济行业分类,食品工业包括4个大类,21个中类,79个小类。这4个大类为:

1. 食品加工业 包括粮食及饲料加工业、植物油加工业、制糖业、屠宰及肉类蛋类加工业、水产品加工业、食用盐加工业和其他食品加工业。
2. 食品制造业 包括糕点、糖果制造业,乳制品制造业,罐头食品制造业,发酵制品业,调味品制造业,食品添加剂制造业和其他食品制造业。
3. 饮料制造业 包括酒精及饮料酒制造业、软饮料制造业、制茶业和其他饮料制造业。
4. 烟草加工业 包括烟叶复烤业、卷烟制造业和其他烟草加工业。

显然,现代食品工业已发展成为包括食品加工业和食品制造业的一大产业。现代的食品加工也不再是传统的农副产品初级加工的范畴,而是指对可食资源的技术处理、以保持和提高其可食性和利用价值,开发适合人类需求的各类食品和工业产物的全过程。实际上,本书所指的食品加工已包括了食品加工与制造,即所有各类食品的工业生产过程。由农业的种(养)业、捕捞业、饲料业、食品加工、制造业、流通业、餐饮业和相关产业(如信息、机械、化工、包装、医药等)、部门(如进出口、监督、检测、教育、科研等)等所组成的农业生厂—食品工业—流通体系,通常称为食品产业链,是我国现代化的食物体系。食品工业在这个体系中起着重要的作用。

农业是食品工业的基础,农业为食品工业提供基础原料,如粮食、油料、糖料、果蔬、肉、禽、蛋、奶和水产品等。农产品加工业在我国占有重要的地位,通过食品加工与保藏,可防止和减少农产品(食品)的腐败、变质,减少资源的损失和浪费;延长食品的保质期;提高农产品的商品价值、农业资源的利用价值和农业经济效益。经过加工的食品,方便流通和消费,有利于调节不同时间、地点及环境下的食品供给和市场需求。通过加工,可根据消费者的不同需求,生产色、香、味、质构、营养等符合不同人群需要的各种安全、营养、方便和经济的食品,丰富人们的饮食生活,改善营养摄入。农产品加工业不仅为农业带来更大的经济效益,还能解决大量的人口就业问题,是社会稳定的重要因素。

食品加工业是农业的继续和延伸,是农业发展的必由之路。但是,随着社会主

义市场经济的发展,食品工业和农业的依赖关系已发生了变化,食品工业不再是农业生产的附属产品。传统的“农民种(养)什么,食品工业就加工什么,消费者只能购买什么”的局面,已经逐步为“市场需求什么,食品工业生产什么,农业种(养)什么”所代替,市场、食品流通对食品工业及农业的激活和引导作用愈显重要,市场消费需求成为食品产品开发及农业结构调整的重要依据。这就要改变传统的种(养)观念,改善种(养)结构,使种(养)品种适合食品加工、贮藏、运输和市场的要求。在食品产业链中,由于缺乏科学的计划和管理而带来的损失是巨大的。如我国苹果产量 1997 年已达 2 000 万 t,居世界第一位,但其中适合加工成果汁的品种太少,鲜果的商品价值又低,因而造成水果丰收却卖不出去的现象。而“麦当劳”进入中国的第一件事就是调查什么地方的土壤、气候条件可种植符合要求的马铃薯原料(淀粉含量高,糖分低)。花了一年多的时间进行调查,终于在中国建立了原料基地,并拥有了 400 多家连锁店。我国乳品工业、葡萄酒工业迅速发展的成功例子也说明了农业要为食品工业服务,要以食品工业作引导和促进农业的健康发展。

世界范围内工农业的无规律发展与失策造成的环境污染,已直接影响到人类的食物资源及食品的安全。20 世纪末出现的欧洲“疯牛病”,东南亚的“口蹄疫”,比利时的“二噁英”及动植物产品中的化学药物、抗生素、激素等化学残留问题已引起世界各国的重视。在国际国内贸易中,食品安全性已成为监控的第一质量因素。农业生产过程的任何一个环节缺乏监控,都会直接造成食品产品存在安全隐患,其中有些安全问题是难以通过加工过程消除或减少的。因此,食品产品的品质控制不仅需要在食品工业和流通环节中进行,更需要延伸到食品原料的生产过程。食品产业链的安全质量管理体系(HACCP)的建立与实施将是对现代食品工业的基本要求。

食品加工者应该根据法规要求,对食品原料、生产过程(包括生产工艺、厂房、设备、人员和生产环境)和流通环节可能出现的安全问题进行严密有效的监控,以确保产品的安全。食品加工者应该熟悉和掌握现代食品加工与保藏理论,采用新技术、新设备,确保产品的营养、感官和卫生质量,提高生产效率。

食品加工者应该密切关注社会发展和食品消费市场的需求变化,开发适销对路食品,下列趋势尤其要引起重视。

(1)世界人口的增长速度远远超过农产品产量的增长速度,这就要求食品工业充分利用各种食用资源和原料,采用各种先进的工业技术,生产出更多的色、香、味、质构好且保质期长的食品品种。

(2)随着人们生活水平和受教育程度的不断提高,用于食品消费支出的比重(恩格尔系数)下降,但对食品消费的主观选择性加强,对食品质量要求更高,不仅