

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 食品科学与工程概论

德力格尔桑 主编

中国农业出版社

## 编写人员

主 编	德力格尔桑
副主编	陈宗道 李元瑞 李新华
编 者	陈宗道 西南农业大学
	德力格尔桑 内蒙古农业大学
	李元瑞 西北农林科技大学
	李新华 沈阳农业大学
	陆 宁 安徽农业大学
	周光宏 南京农业大学
	马长伟 中国农业大学
	杨公明 西北农林科技大学
	励建荣 杭州商学院
	史贤明 华中农业大学
	何 静 福建农业大学
	蒋福虎 山西农业大学
	章超桦 湛江海洋大学
	周才琼 西南农业大学
	熊善柏 华中农业大学
	师俊玲 西北农林科技大学
	陶雨风 内蒙古农业大学
	童华荣 西南农业大学
	吴红棉 湛江海洋大学
	张 敏 西南农业大学
	李志西 西北农林科技大学

	白赵霞	中国农业大学
	玛丽娜	内蒙古农业大学
	丁小雯	西南农业大学
	孟宪军	沈阳农业大学
	杜双奎	西北农林科技大学
主 审	南庆贤	中国农业大学
副主审	马俪珍	山西农业大学

# 前 言

食品科学与工程是研究如何将可食性原料转变为人们日常食用产品的科学。现代食品科学与工程已经发展成为一个完整的学科体系，在内容上包括分析食物及食品的基本组成，营养功能，以及研究在加工、贮藏、包装和流通等阶段的各项技术，并揭示各种因素对食品品质和食品安全性的影响。食品科学与工程学科是现代食品工业发展的基础，其技术进步又成为现代食品工业发展的强大动力。从世界范围看，无论是在发达国家，还是在发展中国家，食品工业均已成为促进国民经济发展的一个重要产业。在我国，食品工业已经成为十大产业之一，在满足人民物质生活需要、推动社会经济进步等方面，均具有重大意义。

如今，我国食品工业迅速发展，同时也表现出对食品科学与工程专业人才的需求。近20年来，我国各类高等院校先后开设了食品科学与工程、食品科学与技术、农畜产品贮藏加工、食品工程、食品营养与卫生、食品检验等多项专业教育，加快了培养专业人才的步伐。为了帮助本专业的初学者了解食品科学与工程这门学科的基本理论和基本工艺，形成对这门学科的整体认识，以便他们主动地学习和掌握更高层次的理论和专业知识，我们组织编写了本书。本书也适合用于辅修食品科学与工程专业的大学学生的指导教材。

本书内容包括食品理化成分、营养素及其功能、食品品质、食品的贮藏特性、食品的腐败及其控制，食品的冷热加工技术、食品的包装原理、食品工业的环保、食品的安全性、食品行业的法律、法规以及粮食需求等食品科学与工程的基本理论和原理，同时根据原料来源分章论述了肉、乳、水产品、粮油、果蔬、糖果、饮料等典型食品的加工制造技术，为读者呈现了一个较完整的知识体系。

编写本书的过程中，我们参考了美国康奈尔大学教授 Norman N. Potter 和 Joseph H. Hotchkiss 编写的“Food Science”一书第五版，该书是目前美国各大学食品科学与技术专业普遍选用的教科书，很受读者欢迎。同时，我们还参考和收集了近些年在国内外出版的有关科技专著、科技文献等，使本书在具有系统性、综合性的同时，还反映了食品科学与工程领域中的最新进展。

来自全国12所高等院校的26位具有丰富教学经验的教授和副教授承担了本书的编写工作。担任各章撰写工作的是：第一章，陈宗道；第二章、第十七章，李新华；第三章，陆宁；第四章，周才琼；第五章，蒋福虎；第六章，杨公明；第七章，

白赵霞、马长伟；第八章，马兆瑞、李元瑞；第九章，师俊玲、李元瑞；第十章、第十一章、第十四章，德力格尔桑；第十二章，史贤明；第十三章，周光宏；第十五章，吴红棉、章超桦；第十六章，李志西、杜双奎；第十八章，孟宪军；第十九章，励建荣；第二十章，熊善柏；第二十一章，张敏、童华荣；第二十二章，玛丽娜；第二十三章，何静；第二十四章，陈宗道、丁小雯；第二十五章，陶雨风。全书由德力格尔桑教授主编，陈宗道、李元瑞、李新华三位教授担任副主编。中国农业大学南庆贤教授担任本书主审，山西农业大学马俪珍教授担任副主审。

在编写本书的过程中，我们得到了全国高等农业院校教学指导委员会食品科学与工程学科组全体委员的大力支持和精心指导，同时也得到兄弟院校同行专家的关注和支持，在此一并表示衷心感谢，

食品科学与工程是一门集物理、化学、生物学和工程学为一体的综合性、边缘性较强的科学。学科跨度大、知识和技术更新快，限于编者的水平和视野，在编写过程中难免有不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者  
2002 年元月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪 论</b> .....	1
第一节 食品科学与工程专业的高等教育 .....	1
第二节 食品科学与工程的研究内容 .....	2
<b>第二章 食品工业</b> .....	11
第一节 食品工业的范畴 .....	11
第二节 食品工业的组成部分 .....	12
第三节 相关产业 .....	16
第四节 食品的国际贸易 .....	16
第五节 食品工业对消费变化的反应 .....	17
<b>第三章 食品中的成分、特性与作用</b> .....	20
第一节 碳水化合物 .....	20
第二节 蛋白质 .....	24
第三节 脂类 .....	26
第四节 食品中的其他成分 .....	28
<b>第四章 食物成分与营养</b> .....	40
第一节 食物的能量 .....	40
第二节 碳水化合物、蛋白质和脂肪的 其他营养功能 .....	42
第三节 蛋白质品质 .....	44
第四节 营养物的生物有效性 .....	46
第五节 维生素 .....	46
第六节 矿物质 .....	50
第七节 膳食纤维 .....	53
第八节 水 .....	53
第九节 营养物质的稳定性 .....	54
第十节 饮食与慢性病 .....	55

第十一节 膳食指南和建议 .....	57
<b>第五章 食品的品质因素</b> .....	59
第一节 表观因素 .....	59
第二节 质地因素 .....	62
第三节 风味因素 .....	65
第四节 附加质量因素 .....	67
第五节 质量标准 .....	67
第六节 质量控制方案 .....	71
<b>第六章 食品加工过程单元操作技术</b> .....	74
第一节 概述 .....	74
第二节 通用单元操作 .....	74
第三节 几种加工新技术 .....	87
<b>第七章 食品的腐败及其控制</b> .....	89
第一节 引起食品腐败变质的因素及其特性 .....	90
第二节 食品贮藏的基本原理 .....	99
第三节 食品货架期 .....	104
<b>第八章 食品热加工与贮藏</b> .....	106
第一节 加热处理技术 .....	106
第二节 加热处理工艺条件的选择 .....	107
第三节 微生物的耐热性 .....	108
第四节 食品中的热量传递 .....	112
第五节 食品成分对微生物的保护作用 .....	115
第六节 包装内接种试验 .....	115
第七节 不同的温度—时间组合 .....	116
第八节 包装前后的加热处理 .....	116
<b>第九章 食品低温贮藏与加工</b> .....	123
第一节 冷藏和冻藏的区别 .....	123
第二节 冷却和冷藏 .....	125
第三节 冷冻和冻藏 .....	136
<b>第十章 食品的脱水和浓缩加工</b> .....	151
第一节 概述 .....	151

第二节	食品的脱水加工 .....	152
第三节	食品浓缩加工 .....	173
第四节	适度水分含量的食品 .....	177
<b>第十一章</b>	<b>食品的辐射、微波和欧姆热处理</b> .....	181
第一节	食品的辐射处理 .....	181
第二节	微波加热 .....	189
第三节	欧姆热处理 .....	193
<b>第十二章</b>	<b>食品发酵及微生物应用</b> .....	195
第一节	发酵 .....	195
第二节	可食性微生物 .....	204
第三节	基因工程在发酵中的应用 .....	205
<b>第十三章</b>	<b>肉禽蛋及其制品</b> .....	207
第一节	肉与肉制品 .....	207
第二节	禽类 .....	217
第三节	蛋类 .....	220
<b>第十四章</b>	<b>乳及乳制品</b> .....	224
第一节	概述 .....	224
第二节	乳的基本组成 .....	224
第三节	牛乳的采集和预处理 .....	226
第四节	液体乳的基本加工过程 .....	232
第五节	液体乳类产品及乳的标准化处理 .....	237
第六节	酸奶 .....	244
第七节	冰淇淋及相关产品 .....	250
第八节	干酪 .....	256
第九节	低脂肪乳制品 .....	265
<b>第十五章</b>	<b>水产食品</b> .....	266
第一节	水产食品原料 .....	266
第二节	鱼、虾、贝类可食部分的化学组成 .....	268
第三节	海洋生物活性物质 .....	272
第四节	天然毒素及污染物质 .....	274
第五节	鱼、贝类的死后变化及其保鲜 .....	276
第六节	水产品的主要加工方法 .....	281

第七节	水产品的综合利用 .....	287
第八节	水产品加工新技术 .....	288
<b>第十六章</b>	<b>谷物类、油料类及其制品</b> .....	<b>290</b>
第一节	谷物类及其制品 .....	290
第二节	豆类和油料 .....	301
<b>第十七章</b>	<b>油脂及其制品</b> .....	<b>304</b>
第一节	脂肪的性质 .....	304
第二节	油脂的来源 .....	307
第三节	脂肪的功能性质 .....	308
第四节	油脂生产和加工方法 .....	308
第五节	油脂制成的产品 .....	311
第六节	油脂替代品 .....	315
第七节	油脂检验 .....	315
<b>第十八章</b>	<b>蔬菜和水果</b> .....	<b>318</b>
第一节	蔬菜和水果的一般性质 .....	318
第二节	蔬菜和水果中的有效成分 .....	319
第三节	蔬菜和水果的结构特点 .....	320
第四节	采收后的呼吸活动 .....	323
第五节	蔬菜的收获和加工 .....	324
第六节	水果的收获和加工 .....	327
<b>第十九章</b>	<b>饮料</b> .....	<b>331</b>
第一节	不含酒精的碳酸饮料 .....	331
第二节	啤酒 .....	335
第三节	葡萄酒 .....	339
第四节	咖啡 .....	342
第五节	茶 .....	348
第六节	豆乳 .....	350
第七节	果汁饮料 .....	356
<b>第二十章</b>	<b>糖果与巧克力制品</b> .....	<b>370</b>
第一节	糖果的定义、分类与特性 .....	370
第二节	糖果生产主要配料 .....	371
第三节	糖果制造原理与技术 .....	377

<b>第二十一章 食品包装原理</b> .....	384
第一节 概述 .....	384
第二节 食品包装材料及其容器 .....	387
第三节 食品包装检验 .....	398
第四节 食品包装的装潢设计 .....	399
第五节 食品包装的防伪 .....	400
第六节 包装的环保 .....	401
<b>第二十二章 食品工业废水及其处理</b> .....	404
第一节 概述 .....	404
第二节 食品工业废水特性 .....	404
第三节 废水处理原理与分级 .....	407
第四节 废水预处理技术 .....	408
第五节 废水的生物处理 .....	409
第六节 废水的深度处理 .....	417
<b>第二十三章 食品的安全性和危害性</b> .....	421
第一节 食品安全性、毒害性和危险性 .....	421
第二节 食品的危害 .....	422
第三节 食品中微生物引发的疾病 .....	425
第四节 贮藏和加工对微生物性危害的影响 .....	426
第五节 HACCP 系统的建立原则 .....	429
第六节 食物中的化学性危害 .....	433
<b>第二十四章 食品的法规和标准</b> .....	438
第一节 中国的食品法规 .....	438
第二节 国际食品法规 .....	443
<b>第二十五章 粮食供需态势、影响因素及对策</b> .....	445
第一节 粮食安全概念及内涵 .....	445
第二节 世界粮食安全状况、前景及其影响因素 .....	446
第三节 中国粮食安全的态势及对策 .....	452
<b>参考文献</b> .....	461

## 绪 论

科学是关于自然、社会和思维的知识体系。食品科学与工程则是应用基础科学和工程原理来研究食物的物理、化学和生物化学性质及其在食品加工过程中的变化规律的学科。技术则是已认识的自然界客观规律在人们实践中的应用。食品工程是将食品科学知识在食物的贮藏、加工、包装和销售中的应用。食品科学是一个完整的学科体系，它包含了食品微生物学、食品工程学、食品化学、食品生物技术等领域，甚至还包括选择食物的心理学。食品工程学研究农产品（食物资源）转化为加工食物的过程，如将小麦加工成面粉焙烤食物等。食品加工过程是由许多化学工程和机械工程的单元操作组合完成的。事实上人们日常生活中的食物绝大多数来自于生物细胞，因此可把食物看做是生物化学过程的载体，许多生物化学家研究在加工和贮藏过程中物质的化学变化和生物化学变化。同样，营养学家也关注食物的加工和贮藏过程，希望食物通过加工和贮藏后仍能保持其原有的营养成分。政府部门的学者则致力于食物的安全卫生及法规标准等问题的研究。

### 第一节 食品科学与工程专业的高等教育

食品科学与工程的教育近年来有了较大的发展，目前我国已有 105 所高等院校开设了食品科学与工程专业本科教育，50 所高等院校培养硕士研究生，14 所高等院校培养博士生，但仍不能满足食品工业对人才数量和质量的要求。食品行业渴求用当代食品科技知识武装起来的技术人员和管理人员。许多现在工作于食品工业、政府部门和学术单位的技术人员曾经接受过乳制品、肉类、粮食、果蔬等生产或加工的基本教育；也有一部分技术人员是由基础科学或应用学科如化学、物理、微生物、统计、工程等转行来的。这种知识结构既有有利的一面，也有不足的一面，在食品工业和食品科技突飞猛进的商品经济时代，这种知识结构尤显捉襟见肘。因此各类技术人员都应进行食品科学基本理论的再学习。

1992 年美国食品技术学会（IFT）曾经提出过食品专业本科教育的最低限度教学计划。在我国，农业部教学指导委员会食品科学与工程学科组于 1998 年也提出了面向 21 世纪的有中国特色的食品科学与工程专业本科课程体系及课程设置方案，供各高等农业院校参照执行。该课程体系确定了本科专业的主要课程和主干课程：

1. 食品化学，研究食物的组成结构和性质，以及在食品加工、贮藏和利用时食物成分的化

学变化。前置课程为普通化学、有机化学、生物化学。

2. 食品营养与分析, 阐述食品及其组成的营养功能, 理化成分测定原理、方法和技术。同时涉及食品加工的标准和法规。前置课程为化学和食品化学。

3. 食品微生物学, 阐述与食品有关的微生物生态系统, 以及各种环境条件对食品腐败的影响, 微生物引起的理化和生物变化, 食物中微生物的测定技术、公共卫生和健康等。前置课程为普通微生物。

4. 食品生物技术, 阐述基因工程、细胞工程、微生物工程和酶工程的基本原理及其在食品生产和加工中的应用。前置课程为生物化学、普通微生物等。

5. 食品工艺学, 阐述食品原料的特性、食品贮藏的原理、加工工艺、预处理、包装、废弃物处理、工艺实践和灭菌程序等。

6. 食品工程学, 阐述食品工艺的工程原理、设备和单元操作。工程原理研究物质和能量平衡、传热传质学、物料传输及食品的工业化生产过程的理论。前置课程为物理学和微积分, 化工原理。

“食品科学与工程”课程是食品科学与工程专业的专业课, 它综合了食品化学、食品微生物学、食品工程、营养学、感官鉴评、统计学等课程的基本原理部分。各校在讲授“食品科学与工程”时应根据自身特点有所侧重。各校在开设上述主干课程和主要课程的同时, 还应开设一些有关的必修课和选修课, 如计算机应用、食品法规、感官鉴评、毒理学、食品物理化学、食品工程进展、质量控制、废弃物处理等。

## 第二节 食品科学与工程的研究内容

有些人认为食品科学应该涵盖食物资源的生产、经营、工艺、配送、零售、消费的全过程, 而另一些人则认为食品科学仅指食品的理化性质及其有关的工艺和安全卫生。后者表现出很大的局限性, 没有认识到雨量、土壤类型、土壤肥力、作物品种、采收方法、屠宰方法等因子都会对食品原料的性质有着极大的影响。严格而言, 甚至文化、宗教、心理态度等因素也会对一个产品的使用产生影响。

### 一、提高人民的营养和健康水平是食品科学与工程的首要任务

在我国, 居民的膳食结构已经从温饱型向小康型转变(表 1-1、表 1-2)。但是据估计, 世界上大约还有 20 亿人口仍然食不果腹, 每天约有 4 万人因得不到足够的食物、蛋白质或其他营养素而丧失生命。许多食品科学家致力于研究价廉的营养丰富而口感适宜的食物, 儿童营养不良会导致恶性营养障碍症(kwashiorkor), 儿童蛋白质—热能缺乏会导致消瘦症(marasmus)。固然, 奶粉等能供应所需的蛋白质和热能, 但对发展中国家的贫困人群而言仍价格昂贵。因此, 发展中国家的食品科学家只能把习惯上不被食用的杂鱼制备成“鱼粉”, 作为易消化的便宜的蛋白质源, 或者用玉米、高粱、大豆、棉籽分离蛋白等混合制成有较高蛋白质含量(28%)的食品。中、南美洲贫穷国家也利用当地生产的低价值食物资源开发出营养较全面的食品。印度也利用花生蛋

表 1-1 中国居民食物与营养结构的变化

项 目	1978 年	1984 年	2000 年
粮 食 (kg)	163.50	216.20	183.20
食物植物油 (kg)	1.63	4.70	9.00
食 糖 (kg)	2.49	4.88	6.00
蔬 菜 (kg)	140.00	143.00	120.00
水 果 (kg)	6.60	9.30	18.00
肉 类 (kg)	8.18	15.60	24.00
蛋 类 (kg)	1.67	3.91	12.00
鱼 类 (kg)	3.30	4.36	9.00
奶 类 (kg)	1.00	2.38	9.00
热 量 (kJ)	7 602.87	11 111.24	10 780.50
蛋白质 (g)	45.20	66.60	72.70
脂 肪 (g)	27.80	51.40	71.60

表 1-2 1998 年我国城乡居民畜产品的消费情况

种 类	人均消费			城镇消费		农村消费		全国消费总 量(万 t)	
	全国 (kg)	农村 (kg)	城镇 (kg)	城乡之比	总量 (万 t)	比重 (%)	总量 (万 t)		比重 (%)
肉 类	33.73	26.83	49.81	1.9:1	1 889.9	44.9	2 320.0	55.1	4 209.8
猪 肉	22.54	19.04	30.72	1.6:1	1 165.6	41.4	1 647.6	58.6	2 813.2
牛羊肉	4.73	2.96	8.86	3.0:1	336.2	56.9	254.2	43.1	590.4
家 禽	6.45	4.83	10.24	2.1:1	388.5	48.3	416.5	51.7	805.0
禽 蛋	9.68	7.04	15.84	2.3:1	601.0	49.7	607.2	50.3	1 208.2
奶 类	6.31	3.04	13.96	4.6:1	529.7	67.3	257.9	32.7	787.6
鱼 类	8.79	5.65	16.10	2.8:1	610.9	55.7	486.2	44.3	1 097.1

白、玉米淀粉糖浆、水牛奶等加工成富有营养的食品。

食品对人体健康的重要性表现在三个方面，营养功能、感官风味功能和生理调节功能。生理调节功能是指食品中某些成分的保护机体、调节生物节律、增强免疫的能力和预防疾病促进康复的能力。1996年3月我国卫生部颁发了保健食品管理办法，1997年我国国家技术监督局发布了保健(功能)食品通用标准(GB16740-1997)，至1988年6月卫生部批准的保健食品共计1424种，其中国产1287种，进口137种，按其功能分为调节血脂、调节免疫、抗氧化、延缓衰老、抗疲劳、耐缺氧、抑制肿瘤、调节血糖、减肥、改善睡眠、改善记忆、抗突变、促进生长发育、抗辐射、改善胃肠功能、改善营养贫血、调节血压等。食品功能化学研究的深入发展必然进入分子营养学的水平。分子营养学是应用分子生物学的理论和方法，在分子水平上研究营养学和基因表达之间的关系的学科。分子营养学的研究将根本改变营养流行病学、肿瘤学的面貌。人类将能掌握自己的遗传命运，通过合理营养来控制或延迟遗传疾病，医生将用基因药物和基因疗法来治疗疾病。

## 二、食品科学与工程是新食品开发的理论基础

食品科学与工程源自于和服务于食品工业。食品科学研究的进步是我国食品工业迅猛发展的

动力之一。在我国食品工业是国民经济的重要组成部分，它的发展直接关系到农业生产、人民生活、民族素质、经济发展和社会进步。在我国，食品工业受到国家政府的高度重视和支持，把它视为朝阳产业。江泽民同志（1991）曾经题词“努力发展食品工业，满足人民生活需要”。改革开放以来，我国食品工业获得了迅猛的发展。1996年我国第三次工业普查结果表明，食品工业总产值在全国工业部门总产值所占比重首次上升到第一位，1999年全国食品工业完成工业总产值7828亿元，实现利税总额1278亿元，实现海关出口总额125亿美元。食品工业总产值的增长速度连续几年比全国工业总产值增长速率高出2个百分点（表1-3）。

表 1-3 九五规划期间我国食品工业的发展情况

项 目	1996	1997	1998	1999	2000年
食品工业总产值（亿元）	5 146	5 842	5 517	6 020	预计 6 622
食品工业总产值占全国工业总产值之比(%)	10.1	10.3	9.6	—	—
食品工业总产值年增长速率(%)	14.5	13.5	—	9.12	—

注：以1990年不变价格计算。

改革开放以来我国食品工业已经成为门类齐全、技术不断进步、产品日益丰富、营销网络通畅的生产经营体系，在满足人民生活需要和为经济建设积累资金方面做出了重大的贡献。我国主要食品的产量和人均占有量有了较大幅度的提高。粮食总产量24500亿kg，人均占有量400kg，食用植物油超过1000万t，肉类总产量达5900万t，居世界第一位，酒类2700万t，其中啤酒1860万t，居世界第二，软饮料1065万t，乳制品52万t，味精52万t，世界第一（表1-4、1-5）。

表 1-4 我国农业主要产品产量居世界的位次

项 目	1949	1957	1978	1980	1985	1990	1995	1998
谷 物		3	2	1	2	1	1	1
肉 类	3	2	3	3	2	1	1	1
棉 花	4	2	2	2	2	2	1	1
花 生	2	2	2	2	1	1	1	1
油菜籽	2	2	2	2	1	1	1	1
水 果			10	10	8	4	1	1

表 1-5 1998年我国主要食物资源占世界的份额

食物资源	中国产量(万 t)	世界产量(万 t)	占世界份额(%)
谷 物	45 625	205 437	22.2
肉 类	5 724	21 620	26.5
水产品	3 907	9 463	41.2

数据来源：联合国粮农组织数据库《中国统计年鉴》1999年。

科学家已经创造了成千上万种食品，甚至有供太空工作的宇航员们吃的食品，宇航员在装有脱水食物的小袋中注入少量水，揉搓片刻，即可用细管食用。在宇宙航行的条件下，空间和重量

都受限制,冷冻和烹调设备都不大,而且膳食营养也应根据活动较少和失重等情况进行特殊设计。还应考虑到食物碎屑或液体可能在宇航舱内到处漂流而对设备的安全运行造成危害的问题。近年来食品科学家正在研究在太空进行食物再生的可能性。如果要延长宇航员在太空逗留的时间,必须能在太空生长和加工食物。这一系统工程中存在着很多的问题,是对食品科学家的严峻挑战。

许多食品科学家活跃在工厂的新食品开发部门。超市货柜上成千上万种食品真可谓琳琅满目,它们在工艺、配方、包装等方面都在不断改进完善。消费者总是喜新厌旧,食品科学工作者有责任生产各种新的产品以满足广大人民不断增长的物质需要和文化需要。成功的产品是科学知识和创新精神的完美结合。

近年来食品科学家致力于改变食品营养组成的工作,如减少食品中的热能,或增加维生素和矿物质的含量。减少食物中的热能通常采取的方法是用低营养或无营养的成分替代食物中的产热能成分。例如在软饮料中使用阿斯巴甜(天门冬酰苯丙氨酸甲酯)或糖精,替代产热能的蔗糖。阿斯巴甜也可产生热能,但等热值的阿斯巴甜的甜度是蔗糖的200倍,因此在软饮料中蔗糖的使用量很少,从而减少了软饮料中的热能。食品科学家研制了油脂代用品,可取代加工食品中的天然油脂,这些油脂代用品可使消费者获得犹如油脂的口感,却不会使人肥胖。例如用脱脂奶粉和专用蛋白质可以制成口感很好的低脂冰淇淋。专用蛋白质被研磨成超细微粒,因而制成的冰淇淋仍然能保持细腻润滑的口感质地。每克蛋白质有17.17kJ热量,而每克脂肪则有37.85kJ热量,因而冰淇淋中的净热能有了显著的下降。食品科学家还采用强化的方法在食物中加入矿物质和维生素。早餐谷物类食品如麦片等常加入强化营养素,可以使早餐食品中的部分营养素能满足人体的全日需要。加入的营养素应该均匀地分散在产品之中,并且不应改变食物的外观和风味。在使用强化营养素时对这些基本要求应特别注意。

### 三、保证食品的安全卫生是食品科学与工程的重要职责

食品科学工作者的重要任务之一是保证食品尽可能的安全卫生,食物中毒现象是由摄入食物引起的疾病,必须采取谨慎的加工工艺和贮藏工艺避免发生食物中毒。食源性疾病是因为食物遭受了致病性细菌、病毒、寄生虫或化学物质的污染而引起的。世界各国食物中毒现象都较严重。据美国国家防疫中心的统计,美国自1983年至1987年短短的5年中发生了91678宗食物中毒案。可能实际情况还要严重得多,因为案例的申报和分类系统十分严格,那些1~2例零星发生的食物中毒都被忽视而没有被统计在内。大多数食物中毒(约占92%)是由致病性细菌引起的。其实工业生产食品引起的食物中毒所占的份额并不大,大多数食物中毒是由家庭、学校等单位、饭店等在食品准备、制作和贮藏过程中操作不当引起的。例如1993年快餐店销售夹有没有煮熟的牛肉饼的汉堡包导致了数人死亡。致病菌为O157:H7大肠杆菌,这种细菌最喜欢滋生于生牛肉等产品中。在美国沙门氏菌中毒事件在1985—1990年期间也相当严重,其原因是禽蛋受沙门氏菌污染,成了创记录的最大的食源性疾病。大约有16000人食用受污染的牛奶而中毒。此事件创下了自1995年以来的历史最高记录。肉毒杆菌中毒也曾引起食物中毒爆发性发生(图1-1、图1-2)。

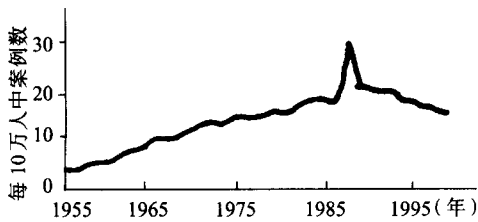


图 1-1 1955—1995 年美国沙门氏菌引起的食物中毒统计

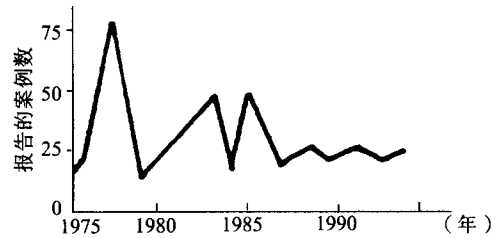


图 1-2 1975—1993 年美国肉毒杆菌引起的食物中毒案例统计

在大多数情况下，食物中毒不是由工艺本身引起的，而是由错误的操作引起的。罐藏方法是阿培尔在 1810 年为长期安全贮藏食品而发明的方法。食品加工业每年生产了数量成亿的金属罐头、玻璃和袋装的食物，避免了食物中毒发生。然而偶尔也会有加工食品致人死亡的报道，这是由于罐头食品加热灭菌不足，没有杀死肉毒杆菌的孢子，或者是加工食物贮藏不当引起的。例如 1989 年在美国蒜油遭肉毒杆菌污染事件致 3 人死亡。此产品的酸度不够或冷藏不够致使肉毒杆菌毒素的形成。同样 1989 年在英国 27 人食用了含有榛蜜饯的酸奶而遭致肉毒杆菌引起的食物中毒，其中 1 人死亡。鱼类食品经常遭受肉毒杆菌的污染，大多数情况下是因为操作者缺乏处理海鲜类食物的有关知识。有些人将鱼不取出内脏就在盐水中浸泡，然后在空气中干燥，干燥后包装并存放在室温条件下，这种食物很容易被肉毒杆菌污染。食品科学家就是要寻找食物中毒的原因，以避免再次发生。

用加热方法杀死食物中的致病微生物和腐败细菌时，食物的成分也会发生变化，从而影响到产品的颜色、质地、风味和营养价值。因此，食品科学家应该经过仔细研究找出每种食品的加热工艺，做到既有效杀菌又不至于过分受热。有时候致病微生物是通过容器进入食物的，大马哈鱼被肉毒杆菌污染的案例十有八九归因于此。

食品除了被致病性微生物污染以外，还可能被化学毒物如农药和其他环境污染物污染，有时甚至在食品中发现玻璃块、金属块等。在工业社会的今天，我们应时时检测进入环境的化学物质的浓度。要完全避免污染是难以做到的，正如我们呼吸的空气，我们喝的水一样，我们的食物也总有一定程度的污染。现在的仪器分析手段越来越先进，有的达到了纳克级的水平。因此，食品受污染的报道也就越来越多。人们急于想知道进入食品的化学物质的毒理学知识，即对人体造成危害的浓度水平，还必须知道，化学物质在食物链中传递浓缩的过程。食品科学家在分析肉类、乳制品、鸡蛋中的化学物质时，还应分析原料生产环节如饲料中的化学物质。有一个有趣的研究报道，一个养禽场的鸡肉和鸡蛋的重金属严重超标，追踪研究发现其饲料中有重金属含量高的鱼粉，而鱼又是食用了受污染的海生浮游植物所致。

在我国，食品的安全卫生受到了政府和企业的高度重视。我国出口食品在产品质量、营养和感官品质上应是无可挑剔的，只是在农药残留量等理化指标上还存在着一定的差距，尤其是 1998 年以来欧美等发达国家纷纷修订了进口农产品允许农药残留量最高标准，把残留水平降到了新的低点，使我国食品出口形势较为严峻。我国一方面正在重新修订各类食品的质量标准，使之与国际接轨，一方面正在大力推动绿色食品和有机食品运动。

绿色食品是无污染、安全、优质的、营养的食品，其中无污染是指在食品生产和加工过程

中,通过严密的监测控制,防范农药、放射性物质、重金属、有害细菌对食品的污染,在我国目前国情下,既追求经济效益又追求生态效益,允许有限使用化学合成物质来发展可持续农业。我国自1993年加入有机农业运动国际同盟(IFOAM)以来,我国绿色食品(AA级)已逐渐被国外食品销售商认同。1997年我国绿色食品出口额5.8亿元,1998年为7.3亿元,增长了23.9%,1999年为10.8亿元,比1998年增长了48.9%。

有机食品是国际上提出的更高水平的无污染食品标准,以追求生态效益为目标,在生产和加工过程中绝对禁止使用农药、化肥、添加剂、激素、转基因作物等人工合成物质。我国有条件的行业也可不经过绿色食品阶段,直接研制开发有机食品。我国有机食品出口额1999年为1.2亿元。

#### 四、食品科学与工程推动了食品法规与标准的建设

食品质量控制、危害分析与关键点控制、产品认证和质量体系认证、食品法规和食品标准都建立在食品科学深入研究的基础之上。

“质量控制就是做好第一件事情而且做好每一件事情”(Harrintan, 1986)。食品质量控制首先要落实食品生产卫生规范(GMP),即在食品生产全过程中,保证食品具有高度安全性的良好生产管理系统。我国自1985年以来已经颁布了食品企业通用卫生规范(GB14881-94)和各个专业规范,正在认真贯彻落实。

危害分析与关键点控制系统(HACCP)是迄今为止最有效、最科学、最现代的食品安全生产管理系统。企业运用该系统能最简捷地贯彻落实食品生产卫生规范。HACCP是20世纪60年代美国航天规划署为防止把地球生物带到空间而提出的食品加工过程中一种预防性系统。首先进行生产全过程的卫生检测,根据检测数据进行危险性因素分析,确定关键控制点,提出每个关键控制点的控制指标和应采取的有针对性的措施。经过逐步控制分析,就可以保证产品质量的安全可靠。

外向型企业还必须按照国际标准建立质量体系,进行产品认证和质量体系认证,国际标准化组织ISO于1997年公布了ISO9000质量管理和质量保证系列标准。这一标准已被世界上许多国家采用,成为国际市场上评估产品质量和合格质量体系的基础,是许多国家第三方质量体系认证注册计划的基础。我国于1988年8月等效采用ISO9000系列,并在1993年1月改为等同采用的标准(GB/T19000-ISO9000),并推行认证制度。

世界各国政府为了确保食品的质量和安,规范食品生产、加工、流通和销售的行为,都制定了相应的法律、法规、政策、条令、办法。我国已经制定了食品卫生法、质量法、价格法、消费者权益保护法、食品添加剂卫生管理办法、食品营养强化剂卫生管理办法、保健食品管理办法、原产地域产品保护制度、清真食品管理规定、食品中毒事故处理办法等法律规范,以及从属于法律规范的技术法规,如食品标签通用标准,特殊营养食品标签、保健食品通用标准,进出口食品标签管理办法等,形成了较为完整的法律体系,并逐步修改完善,使之与国际接轨。

许多食品法规都涉及食品添加剂问题。国内外食品添加剂发展十分迅速。大家知道家庭烹饪时常把嫩肉粉(酶制剂)和盐的混合物涂抹在牛肉切口的表面,即可使牛肉组织嫩化。现在商用的嫩化技术已十分先进,在动物屠宰前将蛋白水解酶制剂注入动物体内,酶制剂经血液循环到达