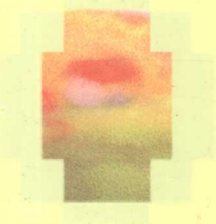


高等院校教材

# 食品工艺学 导论

主 编 陈一资



FOOD INDUSTRY



四川大学出版社

高等院校教材

# 食品工艺学导论

主 编 陈一资

四川大学出版社

2002年·成都

责任编辑:李跃丽  
责任校对:姚平  
封面设计:邹小工  
责任印制:曹琳

图书在版编目(CIP)数据

食品工艺学导论/陈一资主编. —成都:四川大学出版社,2002.8

ISBN 7-5614-2441-8

I. 食... II. 陈... III. 食品工艺学-高等学校教材 IV. TS201.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 056843 号

书名 食品工艺学导论

---

主 编 陈一资  
出 版 四川大学出版社  
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)  
印 刷 四川五洲彩印有限责任公司  
发 行 四川大学出版社  
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张 20.25  
字 数 487 千字  
版 次 2002 年 8 月第 1 版  
印 次 2002 年 8 月第 1 次印刷  
印 数 0 001~1 800 册  
定 价 28.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科  
联系。电 话:85408408/85401670/  
85408023 邮 政 编 码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请  
寄回印刷厂调换。

---

版权所有◆侵权必究

电话:(028)85011398

# 《食品工艺学导论》编写委员会

- 主 编：陈一资（教授） 四川农业大学工程技术学院食品系  
主 审：邓继尧（教授） 四川农业大学工程技术学院食品系
- 大纲起草：马 力（教授） 四川工业学院食品工程系
- 副 主 编：王 卫（副教授） 成都大学生物工程系  
          邬应龙（副教授） 四川农业大学工程技术学院食品系  
          秦 文（副教授） 四川农业大学工程技术学院食品系
- 参 编：罗 明（讲师） 四川农业大学工程技术学院食品系  
          叶劲松（讲师） 四川农业大学工程技术学院食品系  
          杨 勇（讲师） 四川农业大学工程技术学院食品系  
          刘书亮（讲师） 四川农业大学工程技术学院食品系  
          陈安均（讲师） 四川农业大学工程技术学院食品系

# 前 言

《食品工艺学导论》是四川农业大学贯彻实施教育部和四川省教育厅新世纪教育教学改革精神以来新开设的课程，是食品科学与工程本科专业的主干专业课。1999年四川农业大学将《食品工艺学导论》列为学校首批优质特色课程进行建设。2001年四川省教育厅下达以《食品工艺学导论》课程建设为重点研究内容之一的教学改革项目“食品科学与工程人才培养模式研究”课题，以此带动学科和专业的建设与发展，全面提高教学质量。

《食品工艺学导论》是四川农业大学工程技术学院按照学校宽口径培养人才的精神，为拓宽学生知识面而开设设置的。为了在有限的时间内精讲、深讲重点和难点内容，避免各门加工课程重复讲述相同理论，因而把各类食品加工共同的基本理论和技能合并成一门完整的加工理论课《食品工艺学导论》，统一给学生讲授。这样既可使加工理论系统化、完整化，又可指导学生更好地学习各门加工课程和提高学生的自学能力。

《食品工艺学导论》重点讲述肉、蛋、奶、果蔬、粮油等各类食品的现代加工理论和技能。主要内容有食品的热加工、食品的低温保藏、罐藏食品工艺、食品的腌渍、食品的烟熏、食品的干燥、食品的浓缩、食品的搅拌混合均质、食品膨化技术、食品发酵、食品辐射保藏和现代食品加工新技术等共十二章。本书比较全面地反映了现代食品加工的理论、技术、设备和国内外前沿学科知识。本课程前继课有食品工程原理、食品化学、食品微生物学、食品卫生学、食品营养学、食品机械等，后续课有肉品工艺学、乳品工艺学、蛋品工艺学、果蔬加工工艺学、粮油加工工艺学、软饮料学等。本书可作为食品科学与工程专业和相近专业本科生、研究生的教材及相关专业技术人员的参考书。

本教材各章编写人员如下：陈一资教授，第一章、第四章、第七章；王卫副教授，第五章；邬应龙副教授，绪论、第三章；秦文副教授，第二章、第十一章；罗明讲师，第六章；叶劲松讲师，第

八章；杨勇讲师，第九章；刘书亮讲师，第十章；陈安均讲师，第十二章。在编排过程中，四川农业大学工程技术学院食品科学与工程专业研究生王庆忠、严莉、魏明英和本科生孟刚做了大量工作。

《食品工艺学导论》在四川农业大学教务处和工程技术学院、成都大学生物工程系、四川工业学院食品工程系的大力支持下编著而成。对大力支持《食品工艺学导论》编写工作的各校领导和各位同志：郑有良（副校长）、夏继明（馆长）、罗承德（处长）、马恒东（副处长）、王惠燮（党总支书记）、崔恒敏（院长）、马荣朝（副院长）、蒲彪（副院长）、李诚（副教授）、余凯、徐成香、周毅、谢林、苏赵、余红英等表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。

主编 陈一资  
2002年6月

# 目 录

绪 论 .....	( 1 )
<b>第一章 食品的热加工</b>	
第一节 高温对微生物菌群的影响 .....	( 9 )
第二节 产品货架期和安全性的确定 .....	(12)
第三节 热加工对食品质量的影响 .....	(15)
第四节 计算方法 .....	(17)
<b>第二章 食品的低温保藏</b>	
第一节 食品腐败的原因 .....	(20)
第二节 食品低温保藏的基本原理 .....	(21)
第三节 食品冷藏 .....	(22)
第四节 食品的冻藏 .....	(31)
<b>第三章 罐藏食品工艺</b>	
第一节 概述 .....	(45)
第二节 罐藏容器的准备 .....	(46)
第三节 装罐与注液 .....	(48)
第四节 排气与密封 .....	(49)
第五节 杀菌与冷却 .....	(64)
<b>第四章 食品的腌渍</b>	
第一节 食品腌渍概念和基本理论 .....	(87)
第二节 肉品的腌渍 .....	(90)
第三节 果蔬的腌渍 .....	(95)
<b>第五章 食品的烟熏</b>	
第一节 烟熏食品概述 .....	(104)
第二节 烟熏食品配方与工艺 .....	(112)
第三节 烟熏与食品质量 .....	(122)
<b>第六章 食品的干燥</b>	
第一节 概述 .....	(131)

第二节	湿空气的性质·····	(132)
第三节	干燥的基本理论·····	(139)
第四节	干燥设备·····	(145)
<b>第七章</b>	<b>食品的浓缩</b>	
第一节	食品浓缩概念和保藏·····	(158)
第二节	食品浓缩技术和设备·····	(162)
<b>第八章</b>	<b>食品的搅拌混合与均质</b>	
第一节	液体的搅拌混合·····	(182)
第二节	几种特殊场合下的搅拌混合·····	(189)
第三节	均质·····	(193)
<b>第九章</b>	<b>食品膨化技术</b>	
第一节	概述·····	(207)
第二节	食品的挤压膨化·····	(209)
第三节	食品的气流式膨化·····	(227)
第四节	膨化食品的加工简介·····	(230)
<b>第十章</b>	<b>食品发酵</b>	
第一节	发酵的概念及一般工艺过程·····	(233)
第二节	菌种选育·····	(235)
第三节	发酵类型·····	(237)
第四节	发酵工艺过程控制·····	(242)
第五节	发酵产物提取与精制·····	(253)
第六节	污染防止与挽救·····	(260)
<b>第十一章</b>	<b>食品辐射保藏</b>	
第一节	概述·····	(265)
第二节	辐射的基本原理·····	(267)
第三节	食品辐射保藏技术的原理·····	(271)
第四节	辐射在食品保藏方面的应用·····	(275)
第五节	辐射食品的卫生安全性·····	(278)
<b>第十二章</b>	<b>现代食品加工新技术</b>	
第一节	膜分离技术·····	(286)
第二节	超临界流体萃取技术·····	(297)
第三节	微胶囊技术·····	(302)
第四节	水油混合深层油炸与真空油炸·····	(307)



# 绪 论

## 一、引 言

食品工艺学是根据技术上先进、经济上合理的原则，研究食品的原材料、半成品和成品的加工过程和方法的一门应用科学。

所谓技术上先进，包括工艺先进和设备先进两部分。要达到工艺上先进，就需要了解和掌握工艺技术参数对加工制品品质的影响，实际上就是要了解加工与外界条件变化与食品物理、化学、生物学变化之间的关系，这就需要切实掌握物理学、化学和生物学方面的知识，特别是食品工程原理、生物化学、食品化学和微生物学方面的基础知识。在这个基础上，才能将加工过程中发生的变化和工艺技术参数的控制联系起来，主动地进行控制，达到工艺控制上的高水准。设备先进包括设备自身的先进性和对工艺水平适应的程度，一般地说，这是设备制造行业的任务。但工艺技术的研究则应该考虑到设备对工艺水平适应的可能性，因此需要了解有关单元操作过程的一般原理。食品工艺学是一门应用学科，它的发展一方面是由于其他自然科学技术的发展推动，另一方面是由于其自身的试验研究成果的推动，提出了一些新的方法和概念。

食品工业包含很多门类，因此不同门类的产品均可形成一门自身的工艺学，如罐藏工艺学、果蔬加工工艺学、肉类加工工艺学、乳制品工艺学、饮料工艺学等等，这对于每一个从事具体产品加工的人来说，是很难全面深入地涉及其他产品的加工，但必须学习掌握一些通用过程的基本原理、基本方法，例如干燥、罐藏、冷藏、搅拌、混合、均质、挤压膨化等。食品工艺学导论主要介绍这些共有过程的基本原理和技术。

从发展趋势看，现代食品工业与化学工程学之间的关系，随着食品工业的发展而愈来愈密切。人们在长期从事化工生产实践中，自然而然地把组成不同化工行业生产过程所共有的基本操作过程总结出来，研究其各自的内在规律性，并在理论上加以总结和提高，再应用到生产实践中去。这些基本操作过程称为化工单元操作，例如输送、过滤、冷却、蒸发、结晶、造粒、干燥、成型、包装等属于此。

单元操作的划分不仅有可能去统一通常被认为是各不相同的独立的化工生产技术，而且有可能使人们系统而深入地研究每一单元操作的内在规律和基本原理，从而更为有效地促进化工生产技术的发展。

从历史上看，食品加工的出现远较化学加工为早。人类以家庭烹调和手工方式从事食品加工已延续了许多世纪之久，但食品工业的出现则仅仅是百来年的事。长期以来食品工业是以其加工经验和传统方法为其生产方式的基础。时至今日，仍有许多食品的生产，与其说是科学，不如说是艺术。食品加工的这一事实说明，虽然食品工业的出现较化学工业为早，但食品科学的出现则远较化学工业为晚。就科学意义上说，化学工业的进展是遥遥

领先的。科学才开始进入食品加工领域，因此产生了年轻的食物科学。

食品加工科学化的一个重要方面是化工单元操作的引入和运用。虽然化工单元操作被引入食品加工领域为时较晚，但一旦引入和运用，就更促进食品工业迅速向着大规模、连续化、自动化的生产发展。例如，以豆类为原料制造蛋白质制品的现代化工程就是具体运用这些化工单元操作的典型成果。其生产过程是由粉碎、离心分离、沉降、浓缩、喷雾干燥等单元操作科学而巧妙地组合而成的食品工程。

食品加工的原料是农、林、牧、副、渔业的动植物产品。原料的成分随品种、成熟度及贮藏条件而变化。某些成分如蛋白质、酶类都是具有生物学活性的物质，在加工条件下会引起变性、钝化或破坏。某些成分如色素、脂肪等，在有氧气存在的条件下，也会发生变色或腐败。而某些芳香类物质则又会因加工条件不当而损失。

热敏性和氧化变质是动、植物原料显而易见的共有特点。为避免食品加工的高温破坏和氧化变质，加工条件就不得不采用低温、低压，特别是低压。在一定条件下，低温是与低压紧密相关的。所以单元操作的理论研究和运用就更多地集中于诸如真空输送、真空过滤、真空脱气、真空冷却、真空蒸发、真空结晶、真空造粒、真空干燥、真空蒸馏、真空成型、真空包装、冷冻浓缩、冷冻升华干燥等方面。

易腐性是食品加工原料和制品共有的又一明显特点。食品加工原料和制品含有人类不可缺少的多种营养物质，因而也是微生物生长活动的良好基质。食品正是在这些微生物及其本身所含的酶的作用下发生腐败变质的。食品加工的目的，就在于如何抑制这些微生物和酶的活动，以便于提高制品的保藏性。因此，浓缩食品、干制食品、冷冻和速冻食品已成为目前食品工业上的重要工业食品。而作为这些食品加工基础的浓缩、干燥和冷冻等单元操作，就势必在食品加工工程中占有特别重要的地位。而且，由于上述食品加工对低温和真空的要求，一般的蒸发浓缩、热风干燥和冷冻等方法已远不能满足全部要求。这样近年来又逐渐开发了新型的冷冻浓缩、半透膜浓缩、辐射干燥、冷冻升华干燥、低温冷冻、速冻等食品加工操作。由此可见，化工单元操作一经与食品加工相结合，必然给食品工程本身带来它所需要的许多特点。就浓缩、干燥、冷冻这三者来说，食品工业的进展反而较化学工业更为迅速。

在食品加工过程中，要使固体或液体原料成为多种美味可口、营养丰富的食品，首先必须提取其精华，扬弃其糟粕，分离出不同成分并组合制成不同种类的制品。同时为了做到有益无毒，风味别致，又必须反复提纯和精制。所以有关提取、分离、精制，以及混合、乳化、粉碎等单元操作就必须相应占有相当重要的地位。在食品工业中，不仅一般的液体吸附、离子交换、固体浸出、过滤分离成为重要的单元操作，而且由于食品加工的特殊需要，近年来已开发了半透膜分离技术、电渗析技术、凝胶过滤、酶萃取等新型的提取、分离和提纯技术。

在食品加工过程中，还必须注意到以下几个方面的问题：①食品的安全性；②食品的营养性；③食品的色、香、味、质构等感官嗜好特性。

## 二、我国食品工业的发展现状

新中国成立以来，食品工业发展速度逐年加快，尤其是近 20 年来，食品工业发展已步入快车道。1992 - 1996 年，五年间国家用于食品工业的总投资达 1442 亿元，超过了纺织工业而跃居各工业部门的第二位，仅次于机械工业。1997 年食品工业产值达 5317.9 亿

元(创利税 1157 亿元,其中税额占利税的 70%,达 800 亿元),跃居各工业部门之首,已成为国民经济的支柱产业之一。与食品工业关系十分密切的餐饮业,1998 年总营业额已达 2800 亿元,1999 年食品工业产值达到 7828.7 亿元。由此可以看出,我国食品工业已实现了持续、快速、健康的发展。

由于食品工业的投资增加,国外食品加工新技术、新设备的引进,我国的食品工业已上了一个新台阶。各种新品种、新包装、新风味产品层出不穷,诸如方便食品、小包装熟食、休闲食品、饮料、低度酒、奶制品、食品添加剂等等。产品不断更新换代,产品档次和质量都有了极大的提高,缩短了与发达国家的差距。

目前,我国食品市场上花色品种多,包装各具特色、门类齐全,基本上满足了不同群体和不同层次消费者的需求,食品工业产业结构和产品结构的调整取得了较大进展。当前,食品质量更新换代的企业占食品企业总数的 80%以上,能耗降低的企业占食品企业总数的 50%左右。部分企业逐渐形成规模经营,组建企业集团,增加了在市场经济中的竞争能力。出口创汇有较快增长,1997 年创汇已达到 80 亿美元。

食品工业是国民经济的重要组成部分,是衡量一个国家或地区文明程度和人民生活质量的重要标志之一,世界各国政府都十分重视食品工业。加快食品工业发展,既能加速工业化、城市化进程,又能带动其他相关产业的发展,特别是对推动农业产业化进程、调整农业产业结构有着极其重要的作用。根据发达国家的发展经验,在人均国内生产总值达到 800 美元左右时,标志着进入小康阶段。这个时期往往是食品工业的大发展、大转折时期,一般可持续 20~30 年。我国目前人均国内生产总值为 848 美元,食品工业已进入这一高速发展期。

国际业内人士称,中国是世界上最大的食品市场,在 21 世纪将成为世界食品工业发展和消费的中心。我国已基本解决温饱问题,进入小康生活,并向更富裕的生活迈进。随着人们生活水平的提高和社会活动节奏的加快,迫切需要从一日三餐的繁重家务劳动中解脱出来,期盼社会提供方便、营养、安全及多样化的食品。

### 三、新技术在食品工业中的应用

现代科技革命和经济全球化发展趋势必将推动食品工业快速发展。食品工业已经步入科技化、产业化、规模化、国际化的新时代。超临界萃取技术、超微粉碎技术、微胶囊技术、膜分离技术、挤压技术、超高压技术、超高温瞬时杀菌技术、静电杀菌技术、辐照技术、微波技术、冷冻技术、生物技术等一大批新技术已经在食品工业中普遍应用,大大改变了传统食品工业的内涵和面貌,提高了食品工业的科技含量,拓展了食品工业的发展空间,使食品工业走上了企业规模化、产品多样化、产品方便化、包装精美化、经营产业化的发展道路。

现代超临界萃取技术广泛应用于食品、医药、香辛料等领域。在食品工业中,主要用于以下几个方面:从咖啡豆中脱除咖啡因,加工酒花浸膏,食用油的提取和食用精油与香辛料的提取。

超微粉碎技术是指利用机械或物理的手段,使粉碎成品的粒度达到 10~25 $\mu\text{m}$  以下的技术。随着现代食品工业的不断发展,普通的粉碎手段已不适应生产的需要,于是出现了超微粉碎技术。目前超微粉碎技术在食品领域中的应用日趋广泛。

近 10 年来,多项新型微胶囊技术的采用和不同行业对微胶囊产品的特殊要求,使之

越来越得到人们的重视，尤其是微胶囊产品应用于不同食品的加工中，解决了许多难题，如微胶囊包埋营养物质、微胶囊包埋肉类添加剂、微胶囊包埋香料和风味提取物。

膜分离技术在食品工业中主要应用于饮料用水、矿泉水和纯净水的生产，发酵产物的分离回收。如用高脱盐率的低压反渗透膜，一步即可达到较高的饮用纯净水标准，用超滤法可使发酵液中的酶浓缩 10 倍，纯度可从 10% 提高到 91%。用膜技术也可明显降低葡萄酒或啤酒中的酒精含量，用超滤法加工的食醋，清亮透明、无菌、无沉淀。

国外挤压食品的生产技术，最早应用于通心粉生产，是以成形为目的，后来美国利用该项技术生产膨化小吃的早餐谷物食品。法国在 20 世纪 70 年代中期把塑料工业中使用的双螺杆挤压机引进到食品加工中，从此双螺杆挤压加工法引起世界的重视。双螺杆挤压机具有高温短时和自动控制、清理方便、符合食品卫生要求等优点。目前应用挤压技术加工的食品有：早餐谷物、膨化食品、饼干、面包片、高蛋白食品、婴儿食品、糖果、果酱、变性淀粉、方便食品等。

传统的食品保存方法就是加热灭菌，即将食品加热至 65~140℃ 灭菌。然而这一方法有一个致命缺点，即加热灭菌的同时也改变了食品的味道、风味和营养成分。随着 20 世纪新技术不断出现，多种新的食品保藏加工方法也发展起来，其中有化学保存法、辐射保鲜法、高压加工及超高压加工法。在这些新的食品保藏加工方法中，超高压食品加工被认为是最有潜力、最有希望的加工方法，被誉为“自切片面包以来最大的发明”以及“最能保存食品美味的保藏方法”。

所谓食品超高压技术，就是先将食品原料填充到塑料等柔软的窗口中密封，放入到装有净水的高压容器中，给容器内部施加 100~1000MPa 的压力，在高压的作用下，既可杀灭病原微生物，又可使蛋白质变性、淀粉糊化、酶失活等，并能避免因加热引起的食品变色变味、营养损失及因冷冻引起的组织破坏。日本在超高压食品加工方面的研究居于国际领先地位，超高压加工食品在 1990 年前后即已相继问世，目前主要用于果酱、橘子汁及水果蔬菜的加工。

生物技术包括基因工程技术、酶工程技术、细胞工程技术和现代发酵技术，是 21 世纪最有影响力的高新技术。同时也是与食品加工业最密切相关的高新技术。

在农产品食用品质的改良上，采用基因工程方法可以方便地改变油料作物的油脂组成及其含量，使其满足食用或加工的需要。如将鼠的硬脂酰辅酶 A 脱饱和酶基因导入作物后，可使转基因作物中的饱和脂肪酸（软脂酸、硬脂酸）含量下降，而不饱和脂肪酸（油酸、亚油酸）的含量则明显增加，其中油酸的含量可增加 7 倍。除了改变油脂分子的不饱和度外，基因工程技术在改变脂肪酸链长上也取得了实效，高油酸含量的转基因大豆、高月桂酸含量的转基因油料作物、低芥酸油菜（Canola）已经实现商品化生产。

通过基因工程技术还可以改变植物食品中糖类的组成及含量。植物中淀粉合成酶有两种不同形式，其中之一结合在淀粉颗粒上的称为 GBSS，在马铃薯上成功地利用淀粉合成酶 GBSS 基因的反义基因抑制了该酶的活性，使反义转基因马铃薯中 GBSS 的活力降低了 70~100%；而另一形式的淀粉合成酶则不受影响。因此使反义 GBSS 马铃薯在总淀粉含量基本不变的基础上，其直链淀粉的合成几乎完全受抑制，从而获得了支链淀粉含量很高或完全不含直链淀粉的马铃薯。而通过反义基因抑制淀粉分支酶基因则可获得完全只含直链淀粉的转基因马铃薯。

改变植物食品蛋白质或氨基酸组成的研究也取得了进展。将玉米中编码富含必需氨基酸的基因导入马铃薯后,可使转基因马铃薯必需氨基酸含量增加 10% 以上,其中含硫氨基酸的增加更为显著。通过转基因技术提高谷物食品赖氨酸含量以增加其营养价值,以及通过转基因技术改良小麦中麦谷蛋白与麦醇溶蛋白的含量比,以提高其烘焙性能的研究也取得了一定的成果。

生物技术在农产品储藏保鲜品质的改良上也取得了重要进展。Hamilton 等于 1990 年首次构建了 ACC 氧化酶反义 RNA 转基因番茄,在纯合的转基因番茄果实中,乙烯的合成被抑制了 97%,从而使果实的成熟延迟,储藏期延长。导入 ACC 合成酶反义基因的番茄也得到了类似的结果。转基因番茄的乙烯合成也被抑制了 99.5%,果实中不出现呼吸跃变,叶绿素降解和番茄红素合成也都被抑制,果实不能自然成熟,不变红,不变软,只有用外源乙烯处理 6 天后才能使转基因番茄恢复正常成熟,而用外源乙烯处理的果实与自然成熟的果实上色、香、味上没有显著差异。因此,利用反义基因技术可以成功地培育耐储藏果蔬。目前,有关研究正在继续进行,并已扩大到了草莓、梨、香蕉、芒果、甜瓜、桃、西瓜、河套蜜瓜等。所用的目的基因还包括与细胞壁代谢有关的酶,如多聚半乳糖醛酸酶(PG)反义基因、纤维素酶反义基因等。

将鱼中的抗冻蛋白基因整合入蔬菜和水果中时,则可明显地改善这些果蔬食品冷冻后的品质。我国已培育出商品化生产的鱼抗冻蛋白转基因番茄(鱼番茄)。

酱油风味的优劣与酱油在酿造过程中所生成氨基酸的量密切相关,而参与此反应的羧肽酶和碱性蛋白酶的基因已克隆并转化成功,在新构建的基因工程菌株中碱性蛋白酶的活力可提高 5 倍,羧肽酶的活力可提高 13 倍。酱油制造中与压榨性有关的多聚半乳糖醛酸酶、葡聚糖酶和纤维素酶、果胶酶等的基因均已被克隆。利用高纤维素酶活力的转基因米曲霉生产酱油,可使酱油的生产率明显提高。另外,在酱油酿造过程中,木糖可与酱油中的氨基酸反应产生褐色物质,从而影响酱油的风味;而木糖的生成与制造酱油用曲霉中的木聚糖酶的含量与活力密切相关。现在,米曲霉中的木聚糖酶基因已被成功克隆,用反义 RNA 技术抑制该酶的表达所构建的工程菌株酿造酱油,可大大降低这种不良反应的进行,酿造出颜色浅、口味淡的酱油,以适应特殊食品制造的需要。

加速啤酒熟化的主要措施是尽量去除双乙酰。去除啤酒中双乙酰的有效措施之一是利用  $\alpha$ -乙酰乳酸脱羧酶。但由于酵母细胞本身没有该酶活性,因此利用转基因技术将外源  $\alpha$ -乙酰乳酸脱羧酶基因导入啤酒酵母细胞,是降低啤酒中双乙酰含量的有效途径。Yamano 等将外源的  $\alpha$ -乙酰乳酸脱羧酶整合入啤酒酵母的染色体中,从而构建了能稳定遗传的转基因啤酒酵母。使用这种转基因酵母酿制啤酒,也能明显地降低啤酒中的双乙酰含量,而不会对啤酒酿造过程中的其他发酵性能造成不良影响。

用转基因工程菌生产酶制剂以提高酶制剂的产量和品质,是基因工程技术在食品工业中最为实用和最为成功的例子。第一个应用于食品工业中的基因工程酶是凝乳酶。美国 FDA 在 1990 年就核准了这种产于转基因菌中的微生物凝乳酶可以在食品工业中安全使用。凝乳酶主要用于奶酪的生产。传统的凝乳酶是从出生 3~4 周的小牛第四胃中提取的。由于每年约有占总量四分之一的牛奶被用来加工奶酪,因此需要大量的凝乳酶,最多时每年需宰杀的小牛多达 4000 万头。而现在由于用转基因菌发酵生产的凝乳酶产量高、价格低、品质好,除美国外,包括我国在内的许多国家都已批准转基因菌凝乳酶的使用。目

前,这种微生物凝乳酶已占商用凝乳酶的80%以上。除此之外,利用基因工程菌发酵生产的食品酶制剂还有许多种,如 $\alpha$ -淀粉酶、葡萄糖氧化酶、葡萄糖异构酶、脱支酶、脂肪酶、半乳糖苷酶、溶菌酶及蛋白酶等。

目前我国发酵行业采用生物技术,正在重点开发功能性、高活性酶制剂新产品。食品疫苗(Food Vaccine)、免疫乳生产系统的研发,虽然才刚刚起步,却具有很好的发展潜力,前景十分诱人。

#### 四、食品工业的发展趋势

据中国食品工业协会专家预测,今后食品工业发展的五大趋势将是方便化、工程化、功能化、专用化和国际化。中国食品工业企业必须振作精神,迎接新世纪的挑战。发展方便食品是优化食品工业产业结构、产品结构和提高居民食品制成品消费水平的重要措施,将进一步促使城乡居民从繁琐的炊事劳动中解放出来。

##### (一) 方便化

主食方便食品:主要是米面制品如方便面、方便米饭、方便粥和馒头、面包、饼干以及带馅米面食品。以方便面为例,1996年的产量为150.7万吨,增长率为12.4%;1997年产量为158.67万吨,仅比上年增长5.3%,增长速度趋缓。但就总体而言,方便面生产尚处于发展阶段。我国方便面总产量已列世界各国之首位,但按人均计算仅列第9位。随着农村人口城市化进程的加快,城乡居民收入水平的提高,方便面市场前景乐观。开发适合中国人饮食习惯的各种方便食品将大有可为。

副食方便食品:主要是各种畜肉、禽肉、蛋、菜的熟食制品,或经过预处理的半成品。目前,全国的熟肉、禽肉制品产量只有300多万吨,仅占肉类总产量的6%,与发达国家熟肉制品占50%以上的水平相距甚远。如果我们能达到发达国家的水平,仅肉类制品一项就可增值2500亿元。

速冻食品:速冻食品制造业是最近几年食品工业中发展最快的新兴行业。在大城市里,速冻食品已进入寻常百姓家,成为一日三餐的组成部分。速冻食品发展的重点应放在方便消费的主食类、肉食等菜肴类产品上来。除现有的速冻饺子等产品外,速冻面条、速冻炒饭也都具有较好的发展前景。经过膨化涂裹、油炸,速冻的牛排、炸鸡腿、酥肉、面拖虾、面拖鱼等产品及经过成形、涂裹、油炸,速冻的肉饼、土豆饼、米饭饼、面条饼等产品也是深受市场欢迎的方便食品。微波系列套餐、速冻烘焙食品和冷冻面团以及速冻蔬菜都是速冻食品开发的重要领域。冷冻食品的发展要重视与食堂、餐馆和学生午餐紧密结合,扩大集团消费的份额。

传统食品的方便化:中国传统食品是千百年饮食习惯和饮食文化的积淀。每个产品都是几代人的经验积累和智慧结晶,有着独特的风味,深受广大群众欢迎。但是,它操作复杂、费工费时、生产量小、保鲜期短。要从原料的品种、品质抓起,采用科学、先进、合理的工艺技术,按一定的规模进行标准化生产,用现代的保鲜、包装技术,延长保存期,方便群众消费。

##### (二) 工程化

工程食品是20世纪不断发展而形成的一类新型食品概念。工程食品的基本特点是:根据营养平衡的原则对原料成分进行合理配合,必要时强化某些营养素,使产品符合人体的营养需求;应用现代技术进行生产,保证产品规格一致、卫生安全;通过综合利用或采

用优良代用品，降低生产成本。工程食品除采用先进技术生产各种原配料，如从低值原料或植物性原料中提取优质蛋白质，从天然植物中提取色素，从天然资源制造食品添加剂外，其涉及的主要领域还有以下几方面：

首先是营养强化食品。在食品加工中，补充某些原料中缺乏的营养素或特殊成分，使消费者获得营养比较完全的食品，减少营养缺乏症及其并发症。美国在 1915 年出现了商品化碘盐；1936 年在牛奶和人造奶油中强化维生素 A 和维生素 D，消灭了幼儿佝偻病；1941 年立法必须在白面和面包中，强化维生素 B<sub>1</sub> 和维生素 B<sub>2</sub>、尼克酸和铁，消灭了癞皮病。20 世纪 40 年代以后，加拿大、日本、菲律宾等国家纷纷对食品进行营养强化。我国碘盐推广，牛奶中添加维生素 A 和维生素 D 等也取得了较好的效果。

其次是模拟仿真食品，即采用性质相似，但价格低廉的原料，模拟某些价格昂贵食品的色香味形而仿制成的食品。如仿螃蟹腿和仿对虾等，口味与形态同真品十分相像，而价格却便宜得多。另外，针对预防某些疾病开发的具有保健功能的食品也属工程食品，如加有膳食纤维、低热值甜味剂、不饱和脂肪酸等功能因子制成的食品。

### (三) 功能化

保健（功能）食品的生产将成为 21 世纪食品工业的重点。从目前市场销售的情况看，比较热销的保健品有不饱和脂肪酸、补钙、减肥、美容、补血类产品。未来其他各类系列保健品，如肽系列、蜂王浆、蜂蜜系列、菌类多糖系列、有益菌系列、低聚糖系列、螺旋藻系列、海洋生物系列以及中草药系列等都将成为时尚。“药食同源”是我国保健食品的基本优势，但中成药方不能用来开发保健食品。要加强对保健食品功效成分的研究开发。这些功能成分主要有：多糖类，如膳食纤维、香菇多糖等；功能性甜味料（剂）类，如单糖、低聚糖、多元糖醇等；功能性油脂（脂肪酸）类，如不饱和脂肪酸、磷脂、胆碱等；维生素类，如维生素 A、维生素 E、维生素 C 等；肽与蛋白质类，如谷胱甘肽、免疫球蛋白等；活性菌类，如乳酸菌、双歧杆菌等；微量元素类，如硒、锌等；其他还有二十八烷醇、植物甾醇、皂甙等。通过对功能因子的提取、合成、分析、检测、功能评价、分离重组等工作，加上新技术新工艺的应用，我国保健食品将从当今的第二代产品向具有国际水平的第三代产品提升，以满足国内外的需求。我国 1996 年制定的《保健食品管理办法》和 1997 年制定的《保健（功能）食品通用标准》的颁布实施，使我国保健食品生产与流通有法可依，管理力度加强。

### (四) 专用化

一般来说，食品生产用基础原料的专用化有两方面的内容：一是直接由农业生产组织选育、栽培适合食品生产用的优良的谷类、果蔬、畜禽和水产品等专用品种。如生产不同类型的葡萄酒要有不同品种的酿酒专用葡萄；生产优质果汁饮料，首先要栽培适合加工的专用果树，那些用作鲜食的果品，无论如何也生产不出优质的果汁饮料。因此，未来农业为食品工业提供的原料要做到基地化、规格化、标准化，实现由数量型向质量型的转变。二是通过食品加工，为食品生产提供各种专用原料。国外专用面粉品种不断增加，日本有 60 多种，英国有 70 多种，美国有 100 多种投放市场。我国目前只有 10 多种，远不能满足需求。食品加工用的各种专用油脂，日本有 400 多种，台湾也有 100 多种，而我们只有几种，差距较大。生产各种奶糖、巧克力所需的专用牛奶几乎没有。凡此种种，既是差距，也是潜力所在。

## (五) 国际化

世界食品工业以 21 800 亿美元的营业额高居世界工业榜首。其中的 20% 被 100 家左右的跨国大公司所占有，他们以其资金、技术、人才、管理上的优势，向着经营规模化、产品标准化、管理规范化的方向，集贸、科、工、农为一体的产业化和系列化的方向发展，并向世界各地扩张。进入 WTO 后的中国食品工业，形势十分严峻。20 世纪 90 年代初，国际啤酒商大举拥入中国市场，签订了 50 个合资项目，价值 5 亿美元。12 亿人口的啤酒消费，曾让外商们踌躇满志，但是他们低估了在农村供应啤酒的难度，高价位的目标群只是大城市高收入的居民，但这部分人是很有有限的。中国的啤酒企业需要在与外资啤酒企业的竞争中不断加强和提高竞争力，以适应国际化的发展潮流。



# 第一章 食品的热加工

由于许多用来保藏食品的加工方法是增加热量，因而了解通过增加热量来保藏食品的相关原理是很重要的。大部分历史记载，这种保藏方法与罐头食品有关，该学科通常被称为热加工。历史上关于食品安全性的研究主要是考虑由食品原料相关的病原菌所引起的危害。虽然开发罐头食品的主要目的是确保食品在消费时是安全的，但同样概念适用于食品的热加工，其目的是为延长食品的货架期。

热加工用于食品保藏的原理：①提高温度以加快食品原料中微生物数量减少的速度；②在达到预想的高温时，热量向食品中的传递。由于热能向食品传递的方式是与食品保藏方法密切相关的，因此，关于热能传递，将结合食品保藏方法的具体章节进行详细讨论。本章内容将主要集中在高温对微生物数量的影响和高温影响微生物数量大小的定量测定方法上。

微生物数量是指在食品中存在的营养细胞数或指一定量食品中的细菌芽孢数。对热加工原理的讨论，重点将放在用于描述高温对微生物数量变化影响的典型参数上。这些讨论不涉及微生物活力或死亡的含义。这里假设微生物数量的减少是部分微生物丧失活力并在适合的生长条件下不会繁殖生长。另一方面，剩余部分的微生物是有活力的，能够繁殖和产生活的微生物，可通过标准微生物学的方法来测定数量。

本章将叙述与热加工原理相关的四个方面：

- (1) 用于定量测定高温影响微生物数量减少的典型参数；
- (2) 就食品微生物的病原菌而言，确保食品安全性的必要步骤；
- (3) 热加工对食品品质的影响；

(4) 介绍定量测定热加工对食品影响的计算程序。应当注意的是在已发表的文献中有许多不同的方式介绍了热力加工这个学科。这里讨论热加工原理，其目的是把该学科介绍给学生，以便学生能从现有的许多参考资料中进一步学习。

## 第一节 高温对微生物菌群的影响

当食品中微生物菌群与高温接触时，各个微生物细胞的变化和微生物活力的降低使得微生物数量随着时间的增加而减少，这可通过标准微生物学方法进行定量测定。如果微生物菌群是由营养细胞，例如沙门氏菌、单核细胞增多性李斯特菌或大肠杆菌组成的，则温度高于 60℃ 就会产生明显的影响。要对细菌芽孢如肉毒梭菌产生类似的影响，温度必须高于 100℃。无论哪一种情况，高温对微生物数量减少的影响都有一个相似的和可预测的变化模型。

当微生物菌群与高温接触时，微生物数量随时间变化的典型模型如图 1-1 所示。在所给定的高温下，随着时间的增加，微生物数量以对数减少。在微生物与高温初始接触的短时间内，营养细胞数量之间的差异与细菌芽孢数量相比是明显的。营养细胞受热后数量