



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

国家级精品资源共享课程配套教材

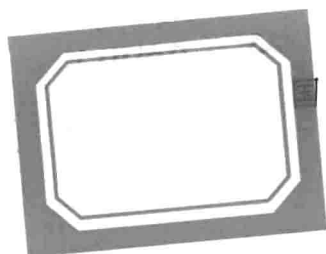
食品技术原理

(第二版)

赵征 张民 主编

FOOD TECHNOLOGY PRINCIPLES
(SECOND EDITION)





高等学校专业教材
国家级精品资源共享课程配套教材

食品技术原理

(第二版)

赵 征 张 民 主 编

图书在版编目 (CIP) 数据

食品技术原理/赵征, 张民主编. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2014. 8

高等学校专业教材 国家级精品资源共享课程配套教材

ISBN 978 - 7 - 5019 - 9211 - 9

I. ①食… II. ①赵… ②张… III. ①食品加工—高等学校—教材
IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 287392 号



责任编辑: 马 妍 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 锋尚设计 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2014 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 34.75

字 数: 799 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 9211 - 9 定价: 68.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101089J1X201ZBW

本书编委会

主 编： 赵 征 天津科技大学
张 民 天津科技大学

参编人员：（以下按姓氏笔画为序）

王昌禄 天津科技大学

李文钊 天津科技大学

阮美娟 天津科技大学

吴 俊 武汉后勤学院

李大鹏 山东农业大学

张仁堂 山东农业大学

张坤生 天津商业大学

胡爱军 天津科技大学

前 言

经过数年的努力，在各位编者的积极努力下，《食品技术原理》再版了。本书是食品科学与工程类专业本科层次教材，也是国家级精品资源共享课程“食品技术原理”的配套教材。

上一版《食品技术原理》涵盖“食品保藏学”的内容，后经原轻工总会（中国轻工业联合会）食品科学与工程专业指导委员会研究，为适应“加强基础、拓宽专业面”的要求，将其名称确定为“食品技术原理”，并以食品保藏学为基础内容进行编写，包括食品保藏的物理、化学和生物学技术、食品包装技术等。上一版教材对学生获得必要的食品基础知识，起到了良好的效果。

自《食品技术原理》出版以来，我国食品科学技术和食品产业取得了巨大的发展，食品专业的教学体系和思路也在教育部高等院校食品科学与工程类专业教学指导委员会的引领下不断改变和完善。为了适应新的形势，原教材需要修订和更新。本书在上一版教材的基础上，进行以下调整和精简：

(1) 为了使学生全面地理解食品原料、食品保藏和加工的关系，本书简明扼要地介绍了食品产后生理和加工。(2) 我国低温处理技术已经从食品保藏领域拓展到食品物流领域，本书增加了低温物流技术的基础知识。(3) 由于生物技术在食品工业中发挥着日益重要的作用，本书在传统的生物技术——发酵技术和酶技术的基础上，增加了现代生物技术的章节。(4) 本书在新型食品物理加工技术中以食品保藏为核心介绍了辐照、超高压、微波、脉冲电场等技术手段的技术进展和工业应用。膜技术、挤压熟化技术等新型食品加工的技术手段没有包括在内，读者可以参考《食品工程高新技术》（高福成，郑建仙主编）。(5) 由于各校已经开设“感官评价”的专门课程，并有多种教材面世，所以没有将其列入到本书中。

为了利于学生开展自主学习，本书每章之前都提供了学习指导，指出需要掌握的主要内容；每章后面附有复习思考题，以利于学生把握知识要点、思考问题、拓展思维。

本书绪论由赵征编写，第一篇由张民、阮美娟、吴俊、赵征、张仁堂编写，第二篇由张坤生编写，第三篇由王昌禄、胡爱军编写，第四篇由吴俊编写，第五篇由李文钊编写，全书由赵征、张民定稿。

在本书的编写过程中，得到了各位编者所在单位的大力支持，特别是得到赵晋府教授和上届编委会对于后学的理解和关怀，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中会有不妥之处。恳请读者给予指正。

编 者
2014. 1

目 录

绪 论	1
一、食品技术发展概况	1
二、食品的定义、功能与特性	3
三、食品技术原理的研究内容和范围	5
四、食品技术原理的学习方法	7

第一篇 | 物理技术对于食品的处理

第一章 食品的低温处理和保藏

第一节 食品物料的产后生理	10
一、植物产品的采后生理	10
二、动物产品的产后生理	19
第二节 食品的冷却与冷藏	43
一、食品低温保藏的基本原理	43
二、食品冷却和冷藏时的变化	46
三、食品的冷却	55
四、食品的冷藏	63
第三节 果蔬产品的气调贮藏	65
一、气调贮藏的原理	65
二、气调库及其设备	70
三、气调贮藏的管理	75
第四节 食品的冻结	78
一、食品的冻结	78
二、食品的冻藏	99
三、食品回热和解冻	107
第五节 食品的冷链流通	111
一、食品冷链	111
二、食品冷藏链运输设备	113

三、食品冷藏链销售设备	121
四、HACCP 在食品冷链流通中的应用	124

第二章 食品的热处理

第一节 食品加工中的热处理	130
一、热处理的作用	130
二、热处理类型与特点	131
第二节 食品热处理的原理	133
一、加热对微生物的影响	133
二、加热对酶的影响	149
三、加热对食品品质的影响	153
第三节 食品的热传递	155
一、食品的热传递方式	155
二、食品传热的测定	156
三、影响食品传热的因素	162
第四节 食品热处理条件的确定	169
一、合理热处理条件的制定原则	169
二、食品热处理条件的确定	169
第五节 食品热处理的方法与装置	180
一、低温（常压）热杀菌技术	180
二、高温高压杀菌技术	188
三、超高温杀菌技术	194
四、热烫处理技术	197

第三章 食品的干燥

第一节 食品干燥基础	204
一、食品中水分的状态和水分活度	204
二、干燥介质的特性	208
三、食品物料与干燥介质间的平衡关系	212
四、干燥特性曲线	213
五、干燥过程中的传热与传质	216
第二节 干燥过程中食品物料的主要变化	218
一、物理状态的变化	218
二、化学性质的变化	219
第三节 食品干燥方法	220
一、对流干燥	221

二、接触干燥	245
三、冷冻干燥	249
四、辐射干燥	259

第四章 食品的辐照保藏

第一节 概述	266
一、食品辐照技术的概念及特点	266
二、食品辐照技术的发展历程	267
三、食品辐照技术的现状及展望	268
第二节 食品辐照保藏的原理	269
一、辐射的基本原理	269
二、食品辐照的化学效应	273
三、食品辐照的生物学效应	277
第三节 食品辐照保藏的应用	279
一、食品辐照加工装置	279
二、食品辐照加工工艺	280
三、辐照技术在食品保藏中的应用	284
第四节 辐照食品的卫生性与安全性	287
一、辐照食品的毒理学安全性	287
二、辐照食品的营养安全性	288
三、辐照食品的微生物安全性	288
四、辐照食品的放射性安全性	288
五、辐照食品的感官质量安全性	289

第五章 处理食品的其他物理技术

第一节 微波技术	291
一、微波加热的原理	291
二、微波加热工艺的计算	295
三、微波加热设备	296
四、微波加热在食品加工中的应用	300
第二节 高压技术	304
一、高压杀菌的基本原理	304
二、高压技术在食品加工中的应用	310
三、高压处理设备	312
第三节 脉冲电场技术	317
一、脉冲电场杀菌的基本原理	317

二、脉冲电场技术在食品体系中的应用	321
三、脉冲电场处理设备	322
第四节 欧姆加热技术	325
一、欧姆加热的原理	326
二、食品物料对欧姆加热的影响	328
三、欧姆加热在食品体系中的应用	328
四、欧姆加热的设备	330
第五节 超声波技术	331
一、超声波对于食品作用的基本原理	332
二、超声波对于微生物和酶的作用	333
三、超声波的其他作用	335
四、超声波实验和工业设备	338
第六节 其他技术	339
一、磁场技术	340
二、光脉冲技术	342
三、紫外辐照	346
四、栅栏技术	349

第二篇 | 化学技术对于食品的处理

第一章 食品的盐制和糖制

第一节 食品盐制和糖制的基本原理	354
一、腌渍的基本原理	354
二、腌渍对微生物的影响	357
第二节 食品盐制	359
一、食品盐制方法	359
二、腌制过程中的变化	362
第三节 食品糖制	366
一、食品糖制方法	366
二、糖与食品保藏	366

第二章 食品的烟熏

第一节 烟熏的作用及科学	369
一、烟熏的作用	369
二、烟熏的科学	370
第二节 烟熏的方法及装置	374

一、直接发烟式烟熏	375
二、间接发烟式烟熏	375
三、液态烟熏剂	377

第三章 食品防腐剂、抗氧化剂、酸化剂和涂膜剂

第一节 食品防腐剂	380
一、化学（合成）防腐剂	381
二、生物（天然）防腐剂	385
第二节 食品抗氧化剂	388
一、油溶性抗氧化剂	389
二、水溶性抗氧化剂	392
第三节 食品酸化剂	394
一、食品酸化剂的作用与分类	394
二、几种主要的食品酸化剂	395
第四节 食品涂膜剂	398
一、涂膜剂的作用	398
二、涂膜剂种类及其性质	399
三、几丁质及壳聚糖涂膜	401
四、复合型可食性膜	401

第三篇 | 生物技术对于食品的处理

第一章 传统食品发酵技术

第一节 食品发酵的微生物利用	405
一、细菌的利用	405
二、酵母菌的利用	406
三、霉菌的利用	407
第二节 食品发酵有关因素的控制	408
一、温度	408
二、pH	409
三、氧的供应	410
四、盐	411
五、乙醇	412
六、发酵剂	412
第三节 发酵食品的种类	413

一、啤酒、白酒和葡萄酒	413
二、酸乳和干酪	416
三、面包	421
四、调味品	423

第二章 酶技术

第一节 食品酶的种类和性质	432
一、淀粉酶	432
二、纤维素酶和半纤维素酶	433
三、果胶酶	434
四、蛋白酶	435
五、脂肪酶	437
六、其他酶	438
第二节 食品酶的制备和固定化	439
一、酶的制备途径	439
二、酶的微生物发酵法生产	439
三、酶的提取、分离和纯化	441
四、酶的固定化	441
第三节 酶在食品加工中的应用	442
一、酶在粮油食品加工中的应用	442
二、酶在果蔬食品加工中的应用	445
三、酶在肉制品和水产制品加工中的应用	445
四、酶在乳、蛋制品加工中的应用	446

第三章 现代食品生物技术

第一节 基因工程	448
一、基因工程及其发展	448
二、基因重组的主要类型	450
三、基因工程在食品中的应用	451
四、转基因植物与转基因食品	453
第二节 细胞工程	455
一、细胞工程基本技术	455
二、细胞工程在食品加工工艺中的应用	456
三、植物细胞工程及其应用	457
第三节 现代食品生物技术典型产品	460
一、氨基酸	460

二、核酸	464
三、有机酸	465

第四篇 | 食品的包装与保藏

第一章 食品包装概论

第一节 食品包装的概念及分类	470
一、食品包装的概念	470
二、食品包装的分类	471
第二节 食品包装的功能	472
一、保护商品	472
二、方便贮运、销售和使用	473
三、提高食品的商业价值	473
第三节 食品包装的设计	473
一、食品包装设计的基本要求	473
二、食品包装造型与结构设计	474
三、食品包装装潢设计	475

第二章 食品包装材料及容器

第一节 传统包装材料及容器	477
一、金属包装材料及容器	477
二、玻璃容器和陶瓷容器	484
三、纸类包装材料及容器	486
第二节 塑料包装材料及容器	489
一、食品包装常用塑料	489
二、食品包装塑料薄膜	491
三、复合软包装材料	493
四、塑料包装容器及制品	495
五、热收缩和热成型包装	497
六、软塑包装容器的热压封合	499
第三节 食品包装辅助材料	501
一、缓冲材料	501
二、包装用涂覆材料	502
三、其他辅助包装材料	502
第四节 中型散货包装容器 (IBC)	503

一、IBC 的概念与分类	503
二、IBC 的组成、特点与灌装物料	504

第三章 食品包装与食品质量的关系

第一节 环境因素对包装食品质量的影响	506
一、光照对包装食品质量的影响	506
二、氧对包装食品质量的影响	506
三、温度和湿度对包装食品质量的影响	507
四、微生物对包装食品质量的影响	507
第二节 包装食品的品质变化及其控制	508
一、包装食品贮运中的品质变化	508
二、包装食品的质量控制措施	511
第三节 智能包装与包装食品质量控制	513
一、智能包装的概念及类型	513
二、时间 - 温度指示标签	514
三、包装泄漏指示标签	515

第五篇 | 食品货架期及其预测技术

第一章 食品货架期

第一节 食品货架期的概念	518
一、食品货架期概念	518
二、保质期与保存期	518
第二节 食品货架期的影响因素	519
一、微生物的影响	519
二、物理作用的影响	520
三、化学作用的影响	520

第二章 食品货架期的预测技术

第一节 食品货架期的基本数学模型	522
一、食品质量变化的数学模型	522
二、温度效应方程	524
三、食品货架期的预测模型	528
第二节 食品货架期的加速试验	529

一、货架期加速试验基本步骤	529
二、货架期加速试验应用实例	531
第三节 食品货架期的其他预测技术	533
一、微生物生长预测模型	533
二、水分敏感型食品防潮包装模型	534
三、应用统计学方法的预测模型	535
四、预测食品货架期的其他方法	535

绪 论

人类文明的进化与食物密切相关。从远古至今，人类的食物不断发展，人们对于食物的认识在不断加深。当人们更有意地感知到食物的重要性时，对食品的研究也越来越深入。物理、化学、生物领域的科学和工程技术的发展，给食品不断注入新的内容，现代信息技术对知识的快速传播促使食品技术呈现出迅速更新的态势。

一、食品技术发展概况

（一）食品技术发展简史

食品加工起源于原始社会的明火加热，熟制肉类、果实、根茎和植株，使之适于食用。当时的食物难以满足社会成员的需求，因而没有任何形式的保藏。进入农耕社会，食物开始需要储存和保藏。公元前 3000—公元前 1500 年，埃及人发现了一些加工食物的方法，如干藏鱼类和禽类、酿造酒类、磨面、烘焙面包等。公元前 1500 年世界各地种植了今天大多数的主要食用作物。公元二世纪，在欧洲的罗马出现了第一台水磨和最早的商业烘焙作坊。

从公元 1000 年开始，欧洲迅速发展的贸易和连绵不断的战争促进了食品加工技术的交流。例如，奥斯曼帝国的征战把咖啡带到欧洲大陆。食品加工技术出现了专业化分工，出现了磨面作坊、干酪制造作坊、酿造作坊和蒸馏酒作坊等。许多加工业成为今日食品工业的前驱。在这个阶段，水力和畜力驱动的机械设备缩短了生产时间，减少了人力需求。城镇和城市的增加和扩展，促进了食品保藏技术的发展，延长了食品的存储寿命，保证食品从乡村地区运输到城市，满足城市居民的需求。

食品加工的规模由于 18 世纪的工业革命而迅速扩大。1700 年，氯净化水、柠檬酸调味和保藏食品成为早期的科学发现。1795 年，法国人第一个用热空气干燥食品。1795 年，尼古拉·阿佩尔（Appert Nicolas）发明了罐头加工方法，给前线征战的法国军队提供了不易变质的食品。1842 年，美国注册了鱼的商业化冷冻专利。20 世纪 20 年代，美国人柏宰（Clarence Birdseye）开发了将食品温度迅速降低到冰点以下的冷冻技术，开启了速冻食品的先河。19 世纪 60 年代，路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）在研究啤酒和葡萄酒时发明了巴氏消毒法。美国人鲍尔（Charles Olin Ball）在 1923 年提出了罐头杀菌的算法，瑞典人鲁本（Ruben Rausing）在 20 世纪 50 年代开发无菌包装显著提高了预包装食品的安全性和方便性。在 19 世纪末，科学发现改变了小规模技艺型食品加工业的面貌，进入 20 世纪，在世界范围内建立了我们今天所知道食品工业。

我国食品加工和保藏的历史悠久，数千年来创造了许多种食品和加工方法，为世界

食品加工技术做出了重要的贡献。世界公认豆腐、豆浆、豆芽、豆酱是我国食品史上的四大发明。我国发明的豆腐、面条和馒头的加工技术传播到日本,进而普及到世界。我国在唐代开元年间(713—742年)已能制作火腿,在公元13世纪流传到了欧洲。我国北魏贾思勰所著的《齐民要术》(成书于533—554年),总结了在此以前中国北方的农业科学技术,记载了许多食品加工方法如干制、腌制、酿造、制造干酪的方法,对我国古代农业的发展产生了重大影响。明末清初的宋应星(1587—约1666年)所著的《天工开物》对中国古代的各项技术进行了系统的总结,构成了完整的科学技术体系。食品方面书中记载了谷物加工、制盐、榨油、制曲、制糖等多种方法。书中记述的许多生产技术,一直沿用到近代。我国各地都有传统名特优产品,很多有几百年的历史,一些民族和特色传统食品在当今我国人民的生活中还占有重要的位置,形成了相应的文化和历史。“中国古代食品贮藏与加工”一文全面地总结了我国古代在食品领域的重要贡献。

我国食品加工技术由于封建统治的桎梏,长期停留在技艺传承的水平,没有跟上工业革命的步伐。我国的食物技术在改革开放以后取得了巨大的进步,食品产业发展成为我国国民经济中的第一大产业。

(二) 我国食品工业的概况

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。现代的食品加工不再是传统的农副产品初级加工的概念范畴,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品。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)及部门(如进出口、监督、检测、教育、科研等)等所组成的农业生产—食品工业—流通体系,通常称为食品产业链,是我国现代化的食品体系。食品工业在这个体系中起着重要的作用。

我国自从改革开放以来,随着农业的不断增产和快速发展,一些大宗农产品(除乳制品外)的产量和人均占有量位于世界前列,食品工业总产值持续增长。“十一五”期间食品工业得到了快速发展,增速平均达20%。食品种类逐渐丰富、产量增大,基本满足了国民对食品营养、健康、方便的需求。2012年,我国食品工业总产值近9万亿元,占工业总产值的9.1%,有力带动了农业、流通服务业及相关制造业发展。《食品工业“十二五”发展规划》提出到2015年,食品工业总产值达到12.3万亿元,较“十一五”增长100%,年均增长15%;食品工业总产值与农业总产值之比提高到1.5:1。

我国已涌现出一批具有强大经济实力和市场竞争力的大型企业集团,产业集中度不断提高,形成了一定的规模,有些企业的规模已达到世界水平。数据显示,2010年产品销售收入超过百亿元的食品工业企业有27家,其中中粮集团有限公司进入《财富》世界500强。“十二五”期间,超过百亿元的食品工业企业将超过50家。

“十一五”期间,根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的精神,科技支撑和863计划中重点安排了“食品加工关键技术研究产业化开发”等一批重大项目,有力支撑了近年来我国食品工业的快速发展,整体缩小了我国食品加工技术与国际先进水平的差距,部分领域达到了国际领先水平,实现了我国食品产业科技

领域向营养、安全、高效、节能方面的战略性转变。但我国食品工业仍然存在问题，在食品安全保障体系、自主创新能力、产业链建设、产业发展方式以及企业组织结构方面尚需完善和优化。这说明我国食品工业还有很大的发展空间。《食品工业“十二五”发展规划》提出：到2015年，食品工业集约化、规模化、质量安全水平进一步提高，区域布局进一步优化，形成自主创新能力强、保障安全和营养健康，具有较强国际竞争力的现代食品产业，提高食品产业对社会的贡献度，巩固食品产业在新时期扩大城乡居民消费、带动相关产业发展和促进社会和谐稳定中的支柱地位。

二、食品的定义、功能与特性

（一）食品的定义

可供人类食用或具有可食性的物质称为食物。我国在《食品工业基本术语》中规定：“食品是可供人类食用或饮用的物质，包括加工食品、半成品和未加工食品，不包括烟草或只作药品用的物质”。在这个概念中食品包含了食物和食品，广义上食品的概念包括了可直接食用的制品以及食品原料、食品配料、食品添加剂等一切可食用的物质，同时也界定了食品的范围。如果细分食品和食物的概念，食物是指可供食用的物质，不一定进入流通领域。食品是指经加工和处理，作为商品可供流通的食物。需要指出的是，我国工业管理部门从统计的角度把烟草列入食品工业的范围，但是本书不涉及烟草的内容。

（二）食品的功能

人类的饮食不仅是为了饱腹，而且有更多的作用。食品对于人类所发挥的作用称为食品的功能。食品的功能如下：

1. 营养功能

食品是为满足人体营养需求的最重要的营养源，提供了人体活动的化学能和生长所需要的化学成分。食品的第一功能是营养功能，也是最基本的功能。

食品中营养成分按大类主要有蛋白质、碳水化合物（糖）、脂肪、维生素、矿物质、膳食纤维。此外，水和空气也是人体新陈代谢过程中必不可少的物质，一般在营养学范畴被列为营养素，但在食品加工中不视其为营养素。

一种食品最终营养价值不仅取决于营养素全面和均衡，而且还体现在食品原料的获得、加工、贮藏、生产和流通过程中的稳定性和保持率，以及营养成分是否以一种能在代谢中被利用的形式存在，即营养成分的生物利用率方面。

2. 感官功能

消费者对食品不仅有满足吃饱的需求，还要求在饮食的过程中同时满足视觉、触觉、味觉、听觉等感官方面的需求。消费者都存在爱好或嗜好，这是人类对食品物理、化学和心理的反应。食品的感官功能不仅是出于对消费者享受的需求，而且有助于促进食品的消化吸收。食品的感官功能通常体现在以下几方面。

（1）外观 通常食品的外观包括大小、形状、色泽、光泽等。一般要求食品应大小适宜、造型美观、便于携带拿取、色泽悦目等。