

美国现代食品科技系列

5

食品加工原理

[美] Dennis R. Heldman Richard W. Hartel 著 · 夏文水 等译

PRINCIPLES OF FOOD PROCESSING

 中国轻工业出版社


CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

美国现代食品科技系列 5

食品加工原理

[美] **Dennis R. Heldman** 著
Richard W. Hartel

夏文水 等译

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品加工原理/ (美) 海德曼 (Heldman, D R), 哈特尔 (Hartel, R W) 著; 夏文水等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2001.6

(美国现代食品科技系列 5)

ISBN 7-5019-2600-X

I. 食… II. ①海… ②哈… ③夏… III. 食品加工 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 14207 号

《食品加工原理》(DENNIS R HELDMAN, RICHARD W. HARTEL) 一书的中文版经英文版权所有 ASPEN PUBLISHERS, INC., Gaithersburg, Maryland, U.S.A. 许可, 由中国轻工业出版社出版发行。版权所有, 翻印必究。

责任编辑: 李亦兵

策划编辑: 李炳华 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔云

版式设计: 刘静 责任校对: 李靖 责任监印: 胡兵

*

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

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010-65241695

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12.5

字 数: 288 千字 印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019-2600-X/TS·1586

定 价: 30.00 元

著作权合同登记 图字: 01-1999-2756

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

序 言

在食品科学专业中食品加工的本科教学已经有 40 多年的历史了。在大多数的食品科学本科课程中，食品加工是以食品产品为基础进行教学的。在许多教学计划中，一些涉及加工的课程都侧重在各种不同的产品上，如水果、蔬菜、乳制品、肉制品和蛋制品。在大多数情况下，课程重点都在各类产品的个性上，而很少强调各种产品加工所涉及的共性。通常要求大学生从所开课程中选修一、二门课程，以满足食品工艺学家学会 (IFT) 所建议的最低标准。

现行 IFT 最低标准建议食品科学专业的大学生需要至少完成一门食品加工课程，这门课程的说明如下：

一门有课堂教学和实验的课程，涉及食品原料的一般特性、食品保藏原理，影响品质的加工因素、包装、水和废物处理以及卫生学。先修课程：普通化学、物理学和普通微生物学。

《食品加工原理》这本教科书就是围绕上述要求而编写的。尽管在所有的教学计划中这类食品加工课程的安排没有足够的灵活性，但仍可适当放在学生学习了食品化学、食品微生物学和食品工程原理之后或在学习专业课程之前。

这本教科书的写作方法是以介绍食品加工中应用的单元操作为主，教材内容既有各个加工的基本原理，又有各个加工的定量计算方法。基本原理给学生提供了加工以及加工对食品品质影响的背景，定量探讨有助于学生了解加工达到理想结果的能力、以及不恰当的加工操作所引起的后果。本书中提到了不同的食品产品，以便使学生理解产品和加工之间的关系。

《食品加工原理》的前几章讨论了传统的食品保藏方法。在诸论中介绍了理解本书内容所需的宽广基础之后，第二章介绍了与热加工有关的基本概念，第三章和第四章涉及到具体的食品保藏加工，包括巴氏杀菌、热烫和商业灭菌，本书中有两章讨论了用降低温度来获得食品保藏的加工方法，其中一章叙述了低温对保藏食品和延长货架期的作用，另一章是用深冻温度来保藏食品和延长货架期。这两章都讨论了贮藏温度对货架期和产品质量的影响。

降低食品中水分含量是食品保藏中一个独立概念，有些加工使产品固体集中在几乎等量的水中，这些加工被称为浓缩。除去的水超过浓缩的程度被称为脱水。脱水加工的产品水分含量很低并在环境温度下货架期延长。《食品加工原理》中有一章挤压技术，这是一种生产货架稳定食品的相对新的加工方法。本书的最后一章讨论了其他的分离方法。虽然这些类型的加工操作单独不会获得保藏效果，但是分离是其他几种保藏加工的一个基本部分。

所幸的是以前食品加工教科书已经提出了教学方向，由 Karel, Fennema 和 Lund 编著的《食品保藏物理原理》已为强调加工的食品加工教学提供了一个雏形。最近，由

Fellows 编著的《食品加工工艺学》也已提供了类似的结构，但重点是在在很大的各个加工上。《食品加工原理》与以前这些教科书有相似性，但更加强调加工的描述和工艺设计的定量理解，特别是加工对产品品质的影响。

作者们很高兴有这样一个机会参与食品科学专业的本科教育工作。本书编写方式是要鼓励学生把以前在化学、微生物学和物理学领域中学到的知识结合到学习食品保藏的加工中去，这种初始结合为学生在完成专业课程的要求时所期望的另一个结合提供了极好的背景。更加强调食品加工课程和专业课程两者的结合，将使食品科学专业的学生能够更加理解和懂得食品化学、食品微生物学和食品工程的重要性，因为它们影响质量保证、感官评定以及导致高质量和营养食品的产品开发。

许多人以直接或间接的方式为成功完成本书做出了贡献。作者在选材过程中，有机会与学生和教师相互交流，这些相互交流在发展各章的写作方法中显得极其重要。借此机会对帮助出版本书的所有人表示感谢。

戴尼斯 R. 海德曼
理查德 W. 哈特尔

译者序

《食品加工原理》(Principles of Food Processing)一书是当今美国食品科学系列教材之一,由美国食品科学系列教材编委会主任、密苏里大学著名教授戴尼斯 R. 海德曼和威斯康星大学著名教授理查德 W. 哈特尔合作编写。

本书在介绍食品加工概念的基础上,着重论述了热加工、杀菌、冷藏、冷冻、脱水的保藏加工原理以及加工因素对食品品质的影响。此外,还介绍了食品工业一些新技术,如冷冻浓缩、膜分离和挤压技术。全书内容新颖、精练,结构紧凑、简洁。

食品加工业是一个迅速发展的工业,食品种类繁多,品种层出不穷。在食品科学与工程专业教学中,要想在有限的课时中给本科生讲授各类食品的加工知识,这是不可能的,也是没有必要的。译者们在长期从事教学实践中进行了不断的教学改革:也就是在学生选修各门类食品加工工艺学专业课之前,设置一门以共性知识为主并兼有个性知识特征的专业课程作为本专业的必修专业课。学生在学习了这门课程后,有基础和能力去学习或自学各门类食品加工工艺学知识。本书就是体现这种意图的合适教材。本书除作为高校教材外,也可供从事食品科学研究、技术开发的技术人员参考。

译者都是江南大学食品学院的专家、教授,一直从事食品加工的教学和科研。本书翻译分工如下:

夏文水 序言; 1. 绪论; 2. 热加工原理; 8. 干燥; 9. 食品分离加工

张国农 6. 冻结和冷冻食品保藏; 7. 液体浓缩

陶 谦 3. 巴氏杀菌和热烫; 4. 商业灭菌

郇延军 5. 冷藏; 10. 食品挤压

全书由夏文水审校。

在翻译过程中,译者们在忠实原著的基础上力求准确,对书中出现的一些笔误或打印错误进行了更正。虽然本书经过认真修改和审校,但在文字加工方面仍显得不足,并且译文亦难免存在不确切之处或错误,恳请读者批评指正。

夏文水

目 录

1 绪论	(1)
1.1 食品加工工业	(1)
1.2 食品加工的历史	(2)
1.3 加工概念	(2)
1.4 基本加工概念	(4)
1.5 质量变化动力学	(6)
1.6 小结	(7)
参考文献	(7)
2 热加工原理	(8)
2.1 高温对微生物菌群的影响	(8)
2.2 产品货架期和安全性的确定	(13)
2.3 热加工对食品质量的影响	(15)
2.4 计算方法	(18)
参考文献	(21)
3 巴氏杀菌和热烫	(22)
3.1 杀菌和热烫的目的	(22)
3.2 热处理系统的描述	(22)
3.3 巴氏杀菌过程的确定	(29)
3.4 热烫处理过程的确定	(32)
3.5 改善产品质量的处理过程	(33)
3.6 小结	(35)
参考文献	(35)
4 商业杀菌	(36)
4.1 一般概念	(36)
4.2 商业杀菌系统介绍	(38)
4.3 容器内食品的加热和冷却	(42)
4.4 热处理时间的确定	(47)
4.5 商业杀菌对食品质量的影响	(52)

4.6 小结	(54)
参考文献	(54)
5 食品冷藏	(55)
5.1 前言	(55)
5.2 冷藏的基本原理	(58)
5.3 冷藏过程中微生物生长繁殖的控制	(63)
5.4 食品的变质	(67)
5.5 冷藏食品货架期的确定	(70)
5.6 未来发展	(74)
参考文献	(74)
6 冻结和冷冻食品的贮藏	(76)
6.1 食品冷冻方式的种类	(78)
6.2 冷冻时间的估算	(85)
6.3 食品冷冻及其质量	(88)
6.4 冷冻食品的贮藏	(89)
6.5 小结	(93)
参考文献	(93)
7 液体浓缩	(94)
7.1 蒸发	(95)
7.2 蒸发器类型	(96)
7.3 蒸发器结构	(101)
7.4 膜分离	(103)
7.5 冷冻浓缩	(113)
参考文献	(118)
8 干燥	(119)
8.1 食品中水的状态	(120)
8.2 干燥对食品质量的影响	(122)
8.3 水分的吸收和解吸	(123)
8.4 干燥速率	(124)
8.5 干燥曲线	(124)
8.6 影响干燥的因素	(128)
8.7 干燥方法	(130)
8.8 喷雾干燥	(137)
8.9 冷冻干燥	(141)

参考文献	(146)
9 食品分离加工	(147)
9.1 物理/机械分离	(147)
9.2 扩散/平衡分离	(156)
参考文献	(168)
10 食品挤压	(169)
10.1 挤压机和挤压操作	(171)
10.2 挤压设备	(174)
10.3 挤压产品生产车间	(175)
10.4 挤压的基本原理	(178)
10.5 影响挤压操作的因素	(182)
10.6 挤压产品的特点	(186)
10.7 放大设计	(187)
10.8 挤压对食品的作用	(188)
10.9 挤压新进展	(190)
参考文献	(190)

1 绪 论

食品加工能从许多不同的方面进行定义，综观许多涉及食品加工的传统书籍，其定义与加工的产品或商品密切相关。许多传统的定义强调食品加工与保藏的关系，这方面仍然是食品加工的一个最重要的理由。食品加工的一个简单定义是把原材料或成分转变成可供消费的食品。在 Connor (1988) 的书中有个更完整的定义，即“商业食品加工”是制造业的一个分支，从动物、蔬菜或海产品的原料开始，利用劳动力、机器、能量及科学知识，把它们转变成半成品或可食用的产品。这一更复杂的定义清楚地表明了食品工业的起点和终点及获得理想结果需要的投入。

1.1 食品加工工业

从定义可以明显地看出有许多描述食品加工工业的方法，在 Connor (1988) 的书中，食品加工业是美国经济制造部门中 20 个最大的工业集团之一。1985 年，来自食品加工业的运输费用将近 3020 亿美元。有其他资料显示，到 1995 年这个数字已超过 4000 亿美元。这些统计数字表明，食品加工业规模已近乎石油精炼工业的 2 倍，为造纸工业的 3 倍。食品加工业的受雇人数超过 150 万，稍逊于整个制造部门所有雇员人数的 10%。最后，食品加工业创造的价值数目在 1985 年为 1040 亿美元，这一统计说明，食品加工业和其他相关的制造工业相比，是最大的价值增值的工业之一。

食品加工业是一个迅速发展的工业，Connor (1988) 的书中指出，在 1963 年至 1985 年期间运输产值增加了 4 成，这些运输产值的大量增加是在相同时期内雇用人员略有减少的情况下出现的。显然，产值的附加值组分在持续增长，在 1963 年至 1985 年期间，总体增长了 7.4%，在这期间，美国消费者用于食品开支的比例从 1963 年的 23.6% 下降到 1985 年的 18%。

食品加工业的种类或范围几乎像定义一样复杂，许多资料把食品中最重要的原材料作为食品工业，而另一些资料中，通常是提及超市或杂货店食品种类。食品工业的分类主要是参考标准工业分类 (SCI) 手册。该手册 1972 年出版，根据对制造商的普查，汇编了 47 个食品加工企业。食品和相关产品归类包括食品和饮料加工或制造企业以及一些相关产品如人造冰、口香糖、植物和动物油脂、畜禽饲料。食品和相关产品的主要大类有肉制品、乳制品、罐藏果蔬、谷物制品、焙烤制品、糖和糖果、脂肪和油、软饮料和各种预制食品及相关产品。

在所有的食品加工工业中其共性就是将原材料转变成高价值的产品，在某些情况下，从原材料到消费品的加工是一步转变。这类情况现在已不多见，因转变步骤数量在增加。事实上，把原材料转变成应用广泛的配料这样一个完全的工业部门是十分常见的。同样地，整个工业部门取决于将配料转变成最终消费品所需要的加工步骤。这种复

杂性大多是由消费者更加老练和工业市场部迎合消费者期望所造成的。尽管一直在利用加工步骤来迎合消费者爱好，但所有产品中要保持的共性就是在产品达到最终消费者时要建立和维持产品的安全性。

1.2 食品加工的历史

下面简述食品加工的历史，特别强调建立和维持食品微生物安全性的作用，以及期望建立和维持食品经济货架期。

食品加工的一些最早形式是干制食品，提及各种类型的商品可追溯到很早以前，利用太阳能将产品中的水蒸发掉，得到一种稳定和安全的干制品。第一个用热空气干燥食品的例子似乎是 1795 年出现在法国。冷却或冷冻食品的历史也可追溯到很早以前。最初是利用自然冰来延长食品的保藏期。1842 年注册了鱼的商业化冷冻专利。20 世纪 20 年代，Birdseye 研制了使食品温度降低到冰点之下的冷冻技术。

利用高温生产安全食品可追溯到 18 世纪 90 年代的法国。拿破仑·波拿巴给科学家提供了一笔资金，为法国军队研制可保藏的食品。这些资金促使尼可拉·阿培尔发明了食品的商业化灭菌技术。在 19 世纪 60 年代，路易斯·巴斯德在研究啤酒和葡萄酒时发明了巴氏消毒法。

食品加工的所有进展都具有类似或共同的起因。一个共同的方面是要获得或维护产品中微生物的安全性。从历史上来看，如果食物没有一些保藏处理，则食用后就会引起疾病。正是这些长期的现象观察后，才建立了食品质量与微生物之间的关系。与食品加工历史有关的第二个共同的因素是延长食品货架寿命，在大多数情况下，部分消费者都希望有机会在全年获得许多季节性商品。长期以来已经知道，如果不改变食品的一些属性，延长货架寿命是不可能的。

1.3 加工概念

为了说明有关食品加工的概念，将用图解法表示食品商业化制造的典型过程。图 1.1 所示为生产橘子浓缩汁所需的步骤。从收获橘子和几步预处理如清洗、分级开始，制造橘子浓缩汁的第一个关键步骤就是汁液的提取。在工业生产中，橘子榨汁是高效率和高强度的加工。取汁后，汁液被浓缩，即降低水分含量而保留产品的所需成分。在大多数情况下，水分含量被降低 50% 或更多，最后产品包装分送给消费者，尽管浓缩汁有一定时期的货架稳定期，但如果温度降低至水的冰点以下，则可进一步延长货架期。部分冷冻的果汁在长时间内有很高的贮藏稳定性。若浓缩汁冷冻贮藏并保持冻结状态，可直到消费者食用。

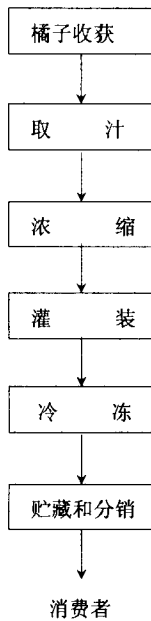


图 1.1 制造浓缩橘子汁的加工步骤

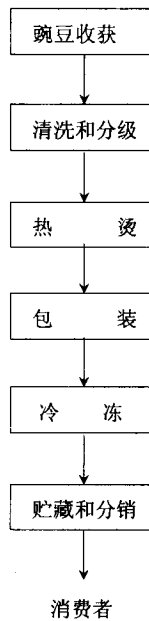


图 1.2 制造冷冻豌豆的加工步骤

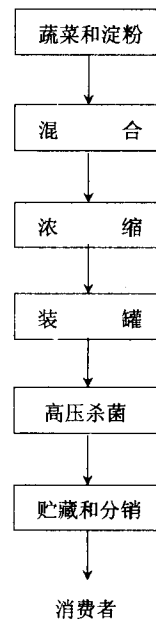


图 1.3 制造汤品罐头的加工步骤

冷冻豌豆的加工步骤如图 1.2。加工步骤从收获豌豆开始，然后经过一系列的清洗和分级，这些步骤对于这类产品的加工是很重要的，因为整个原料是最终消费产品。清洗和分级之后，第一步加工就是热烫。这种温和的热处理对于抑制豌豆腐败变质和延长货架期是很关键的。热烫后，产品被包装，并将温度降低到水的冰点以下。热烫结合冷冻为产品提供了更长的货架期。产品在贮藏和分销的整个过程中处于冷冻状态，直到消费者准备食用。

图 1.3 表示生产汤品罐头的加工步骤，在这类产品中，原料是已经过某种程度预处理的配料。如图所示，起始配料是蔬菜和含有淀粉的载体流质。将这些配料混合和浓缩以减少水分含量到某种预定的水平。浓缩后，产品灌装到罐头中并密封。灌装后，生产过程中的最关键的步骤是罐头和内容物的高压灭菌，高压杀菌能使这类产品获得理想的长期的货架稳定性，这将在后面讨论。商业灭菌后，产品贴标，贮藏以便分销给消费者。这些类型的产品易贮藏，在室温下几乎有无限长的货架期。当消费者食用时，即打开容器，加入水或类似的液体调节内容物到所希望的组成。

下一个要说明的商业加工如图 1.4 中牛乳的巴氏杀菌。生产时从鲜牛乳开始，接着立即冷藏以便在一定时期内抑制微生物的生长，最终产品生产的关键步骤是巴氏杀菌，在杀菌过程中，将产品的温度提高到确保微生物安全所需的设定值。巴氏杀菌后，牛乳被装入容器中，并在低温下贮藏。这种产品在分销过程中都保存在冷藏条件下，很明显，这类产品要延长货架期则取决于巴氏杀菌处理和随后的冷藏与分销。

干马铃薯的加工步骤以图 1.5 来说明。从马铃薯原料开始，经过清洗和分级后，第一个关键步骤是马铃薯削皮。同时，马铃薯被打成浆状，随后立即进行滚筒干燥，除去少量的原有水。马铃薯打浆和干燥的形式决定了马铃薯片的外观，这种马铃薯片若放置在容器内，并限制可被马铃薯片吸收的水分含量，那么室温下则会有很高的贮藏稳定性。这种包装产品贮藏后，作为马铃薯产品的一种配料分销给消费者。在大多数情况下，干马铃薯片中可加不同量的水。

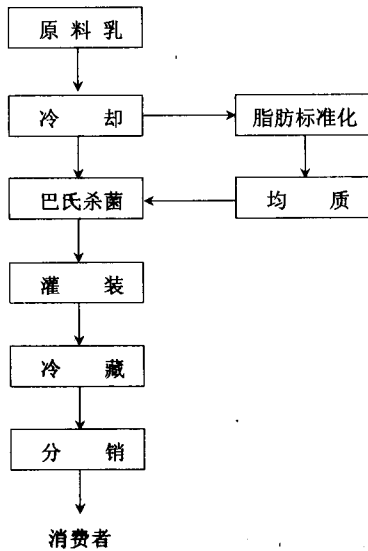


图 1.4 巴氏消毒乳的加工步骤

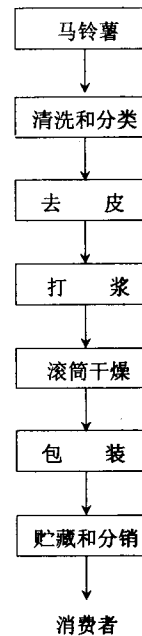


图 1.5 干马铃薯片的加工步骤

1.4 基本加工概念

大多数食品加工操作旨在通过减少或消除微生物活性而延长产品的货架期。总的目标是指加工操作应满足确保与微生物有关的人类健康安全的最低要求。必须指出，大多数食品加工操作会影响产品的物理和感官特性。目前，在食品工业中普遍的做法是用加工操作作为提高食品物理和感官特性的一种方式。

一些与食品加工操作有关的基本概念有：①增加热能和提高温度；②减少热能或降低温度；③除去水分或降低水分含量；④利用包装来维持通过加工操作建立的理想的产品特性。

许多食品加工操作利用热能来提高产品温度和延长货架期。在大多数情况下，主要目的是在一定的时间内应用预定的高温来减少食品中的微生物数量。巴氏杀菌是加工操作的一个很好的例子，它利用既定的时间/温度关系来消除食品中的致病菌。巴氏杀菌除了要符合必须减少致病菌数量的最低要求外，还要减少腐败菌的数量，从而在低温下

延长食品货架期。

热烫是一种类似于巴氏杀菌的加热处理，但专门用于水果和蔬菜。同样，该过程也是利用既定的时间/温度关系，选择性地钝化食品中的酶。归根到底，加工的结果是食品在贮藏过程中的稳定性并减少腐败变质。

涉及热能的加工操作最公认的可能是商业灭菌，即用热能获得罐装食品的稳定性。商业灭菌就是利用既定的温度/时间关系选择性地消除食品中的致病菌芽孢。同样加工也会极大地减少食品中的腐败菌，加工容器内缺氧，即使在室温下，微生物也不能生长繁殖。

用热能提高产品温度还有另外几个优点。首先，能减少食品中的抗营养成分，这些成分对热敏感，容易被钝化。另外，热加工易于提高一些营养素在人类代谢中的利用性。最后，热能为良好的加工控制提供了机会。

必须指出，热加工也有不利的方面。最熟知的缺点就是热处理导致食品中营养成分含量降低。食品中的大多数营养素是热敏性的，即使在最低的时间/温度关系下加工，营养素也会减少。同样，食品中大部分质量属性是热敏性的。用典型的热加工会降低理想的质量属性。

第二个要讨论的加工概念是除去热能。应用这种概念的加工是指降低产品的温度和延长货架期，其基本目的就是在食品贮藏和销售过程中利用低温来减少或消除微生物的活性和生长繁殖。根据这种概念，有两类加工方法。一类是冷却或降低产品的温度，随后冷藏，则能控制腐败菌的生长繁殖，获得理想的长货架期。这种延长货架期的方法用于许多易腐产品，包括新鲜水果和蔬菜，以及鲜肉和水产品。

另一类是除去过量的热能使产品温度降低到水的冰点以下，这就产生了冷冻食品 and 食品冷冻加工。该过程就是从产品中除去足量的热能，使产品中的水发生相变，从而抑制微生物的生长，延长货架期。很显然，食品内冰晶的形成会引起食品的物理特性发生显著改变，这都是由冷冻和随后解冻所引起的。

除去热能作为食品加工操作有其缺陷。主要是食品在贮藏和分销过程中易受到热量滥用的伤害。这种缺点在冷藏食品和冷冻食品中都有，此外，冷冻食品还有另一个缺点，就是在食品结构内形成的冰结晶会引起质量下降。在大多数情况下，这些不利的变化与加工过程中冰晶形成的大小有关。

第三个基本的加工概念是从产品结构中除去水。一般来说，这些加工的目的是减少产品中水分含量而延长货架期。更具体地说，就是利用低水分含量来抑制微生物生长繁殖或消除影响货架期的其他限制因素。

第一种类型的脱水加工称为产品浓缩。即从液体食品中除去足量的水以抑制微生物生长繁殖。液态食品通常含水超过 85%，浓缩加工后将使产品固形物浓度增加到 40% ~ 50% 左右。一般来说，这些浓度会限制微生物对水的利用，从而抑制微生物的生长繁殖。

脱水加工的第二种类型是干燥处理。这个过程就是从食品中除去水分到微生物活性被抑制或消除的程度。通常，干燥食品的水分含量低于 10%。而对微生物活性的抑制作用是与降低微生物生长所需的水分活度有关。干燥食品在外观上与原来食品相比有明

显的差别，脱水加工的缺陷是引起产品显著的变化，主要是产品质量属性有明显的降低。第二个缺点是从产品中除去水分需要大量的热能。

第四个即最后一个食品加工的概念是包装，即是维持通过加工操作建立的产品特性所需的加工步骤。包装材料和容器因产品而异，并受到包装前采用的加工操作类型的影响。要维持加工建立的理想的产品特性，就要精选包装或容器材料。容器类型和包装形式都受到加工的影响，特别是当考虑产品是预先装罐还是加工后再装罐时。归根到底，包装或包装材料的目的是为了维持通过加工操作已建立的货架期。

1.5 质量变化动力学

所有前述概念的加工都引起产品质量属性的变化。这些变化除有积极影响如减少微生物数量外，同时还有营养素的损失或颜色更加明显。通常，加工的整体效果是产品在某些确定加工参数下所经历时间的函数。根据许多实验和对照试验，食品在加工过程中的许多变化可用下列一级方程式来描述。

$$-dC/dt = kC \quad (1.1)$$

式中 C ——质量属性变量

t ——加工时间

k ——速率常数

尽管应用方程式 (1.1) 可以说明一种已知质量属性的定量变化是一级反应，但食品加工过程中的大多数变化则更加复杂。可接受的做法是用相对简单的表达式来描述食品的质量变化，本章中所阐述的许多加工的效果已经用类似于速率常数 (k) 的参数来表达，应用方程式 (1.1) 的下列形式：

$$\ln C/C_0 = -kt \quad (1.2)$$

式中 C_0 ——质量的初始值

根据已知速率常数 (k) 和质量属性的初始量，对于任何所给定的加工时间就可估算出质量属性的剩余量。

可以想到，加工对质量的影响将随加工类型和加工强度的变化而变化。所有的热加工都对产品有影响，这取决于温度的高低。例如，食品在冷藏过程中质量变化的速率常数 (k) 随温度降低而减小，这说明对保藏有积极的作用。从产品中除去水会影响产品质量，这由水分含量和速率常数 (k) 之间的关系而定。这类关系在干制食品的贮藏过程中最明显，此时速率常数 (k) 随着水分含量的增加而增大。

温度对于速率常数影响的关系可用阿仑尼乌斯方程式来表示：

$$d(\ln k)/dT = E/RT^2 \quad (1.3)$$

或

$$\ln k = -E/RT + \ln A \quad (1.4)$$

式中 E ——活化能常数

R ——气体常数

T ——热力学温度

A——阿仑尼乌斯常数

阿仑尼乌斯方程式和类似表达式在描述食品加工和贮藏过程中温度对质量变化速率的影响是非常有用的。另外,用式(1.2)和式(1.4)的表达式可估算出温度和时间对加工的综合影响。虽然水分含量与加工过程中质量变化速率相关的特定关系式还没有得到证实,但已经提出了类似于式(1.4)的关系。在以后的章节中,将介绍和讨论这些特定质量参数的关系。

1.6 小 结

总之,食品加工是一个确保食品安全和延长货架期的转化过程,这些过程和相关的加工步骤成为美国一种大型的制造业。食品加工的大部分历史是基于食品保藏,或者控制和消除人类健康忧虑,或者延长食品的货架期。一般来说,食品加工操作是用热能来提高产品的温度、从产品中除去热能和降低温度、除去水分和用包装来维持通过加工建立的产品属性。

参 考 文 献

- Conner, J. M. 1988. *Food Processing*. Lexington Books, Lexington, MA.
- Desrosier, N. W. and J. N. Desrosier. 1977. *The Technology of Food Preservation*. AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Fellows, P. J. 1988. *Food Processing Technology; Principles and Practice*. Ellis Horwood, New York.
- Heid, J. L. and M. A. Joslyn. 1963. *Food Processing Operations*. AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Singh, R. Paul and Dennis R. Heldman. 1993. *Introduction to Food Engineering*, 2ded. Academic Press, San Diego, CA.

2 热加工原理

由于许多用来保藏食品的加工方法取决于增加热能，因而了解通过增加热能来保藏食品的相关原理是重要的。大部分历史记载，这种保藏方法是与罐头食品有关，该学科最通常被称为热加工，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，但同样的概念适用于食品的热加工，其目的为延长食品的货架期。

热加工用于食品保藏涉及两个原理：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。这一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。

这里首先要说明，本章讲述的重点不会放在定性微生物学上。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，以便学生从现有许多参考资料中进一步学习。

2.1 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℃ 就会引起明显的影响。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 2.1 所示。在