

美国现代食品科技系列

冷冻食品加工技术

[英] C. P. Mallett 著 张 懋 等译

FROZEN FOOD TECHNOLOGY



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

美国现代食品科技系列

冷冻食品加工技术

[英] C. P. Mallett 著

张 愫 等译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

冷冻食品加工技术 = Frozen Food Technology/(英)马利特(Mallett, C.P.)著;
张懋等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2004. 6

(美国现代食品科技系列)

ISBN 7-5019-4303-6

I. 冷… II. ①马…②张… III. 冷冻食品-食品加工 IV. TS205.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 018721 号

《冷冻食品加工技术》(C.P. Mallett)一书的中文版经英文版权所有 Blackie Academic & Professional 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 马 妍 责任终审: 滕炎福 封面设计: 王佳芃
版式设计: 郭文慧 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

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: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75

字 数: 360 千字

书 号: ISBN 7-5019-4303-6/TS·2552

定 价: 32.00 元

著作权合同登记 图字: 01-2000-1819

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-88390721 88390722

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读者服务部联系调换

40197K1X101ZYW

译 者 序

冷冻食品是指采用速冻或慢冻方法冷冻后冷藏的食品。如今在国内外市场上看到的冷冻食品可大致分为果蔬类、水产类、肉禽蛋类、调理方便食品类等四大类。由于冷冻方法所产生的低温效应能抑制腐败微生物的活动和食品本身酶的活性,使食品能够长期保藏,因而此法在肉类、鱼类、乳类、蛋类、蔬菜和水果等易腐食品的生产、运输和贮藏过程中得到广泛应用。由于对加工的原料的新鲜度有严格的要求,因此有“冷冻食品比市场中的新鲜食品还要新鲜”的说法。总之,冷冻食品具有营养、方便、卫生、经济等特点,因此在欧美、日本等发达国家发展很快,市场需求量巨大。

本书由来自英国、美国、瑞典冷冻食品生产厂家、研究机构及大学的 17 位国际著名专家完成,具有内容丰富、系统性强、信息量大、注重实际、紧跟发展趋势等特点,我们相信它对我国的有关专业人员会起到启迪思路、开阔视野的作用。

本书由张懋(江南大学教授)、李云飞(上海交通大学教授)、王元凤(江南大学博士生)、范柳萍(江南大学博士生)、王亮(江南大学硕士生)、张剑峰(江南大学硕士生)、周运华(江南大学硕士生)、张彩菊(江南大学硕士生)共同翻译完成,其中张懋译目录、前言、序言,张懋和王元凤译第 1 章,王元凤译第 2 章,张彩菊和张懋译第 3 章,王亮译第 4 章,张懋和王亮译第 5 章,范柳萍译第 6 章和主编引言,张剑峰和张懋译第 7 章,李云飞和张懋译第 8 章,李云飞译第 9 章,范柳萍和张懋译第 10 章,周运华和张懋译第 11 章。全书由张懋汇总统稿。江南大学工程硕士生励振也参加了第 3 章部分内容的初译,在此一并表示感谢。

由于本书原版编者众多、风格迥异,给翻译带来了不少困难,加上时间仓促,译稿中错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评和指正。

译 者

序

食品冷冻技术不仅稳步发展,而且其经济重要性在全球范围内越来越显著。在一些国家中,冷冻食品市场尚未建立,易腐烂原料的冷冻可能不是供应本国市场,而是出口——为发展挣得所需的外汇。据已建立冷冻食品市场的大多数国家报道,他们在冷冻食品行业的大多数领域有稳定或快速的增长。虽然在科学和贸易文献上可检索到许多详细的研究发现和技术革新,但 Chris Mallett 博士所编辑的对冷冻食品技术情况进行准确、权威和平衡的评估还是很有价值的。

有关冷冻食品技术的较早编著是由 Donald Tressler、Clifford Evers 和 Norman Desrosier 主编,在 20 世纪 30 年代首次出版的《水果、果汁和蔬菜的冷冻保藏》,以及 1943 年的修改版《食品冷冻保藏》(后来扩充到四卷)。其他著名的编著还有 Van Arsdel、Copley 和 Olson 主编的《冷冻食品的品质和稳定性》,Mogens Jul 编的《冷冻食品的品质》,国际制冷学会出版的红皮书《冷冻食品加工和处理的推荐标准》。这些作者为冷冻食品技术作出了重要贡献。但近期还没有其他作者能像 Mallett 博士那样对食品冷冻技术进行综合论述。

重新阅读 Tressler 在 1943 年出版的第一卷是很有意思的。该书中对马铃薯的论述很少,因为当时人人皆知马铃薯冷冻效果不好,2 年后 H. C. Baxter and Bros. 公司的 O. P. Pierson 首次开发了冷冻法国煎饼,John Baxter 能证实冷冻马铃薯产品在技术上是可行的。今天,冷冻法国煎饼已在各国消费的冷冻产品中占有相当大的份额,并保持着在每个引入该产品的市场中令人羡慕的迅速成功的记录。

对橙汁冷冻,Tressler 曾写道:“冷冻橙汁在零售时会遇到麻烦,在家里解冻几乎是不可能的。理论上说,送奶员很容易将冷冻橙汁与鲜奶一起发送给订户,但实际上,这根本不可行。如果冷冻橙汁以固态发送,家庭主妇会发现解冻与榨鲜汁一样困难。如果冷冻橙汁解冻后发送,则其品质不如鲜榨汁。因此冷冻橙汁贸易的发展取决于市场和解冻问题的解决。”这确实是很好的预言。今天,美国佛罗里达州橙子的 90%~95% 以橙汁出售,仅仅 5%~10% 以鲜果出售。由佛罗里达州的 L. G. MacDowell, E. L. Moore 和 C. D. Atkins 开发的冷冻真空浓缩橙汁,使佛罗里达州的橙子产业从当时主要靠鲜果出售发展成为一个有巨大市场的橙汁加工业。目前,冷冻浓缩橙汁在巴西、以色列和美国的贸易量很大。

此书的数量(每章覆盖了冷冻食品行业的各个产品群)阐述了当今冷冻技术是如何成功应用到食品工业中众多的领域内。

由于其固有的简易性,食品冷冻有可能被误解。常常很难说服实施者:如果最终消费者需要享受与新鲜原料一样的高品质,那么食品冷冻就不像在冬天把原料放在外面过夜那么简单,它真的需要技能、知识、细心和适当的设备。如果此书能说服学食品科学的学生和冷冻食品行业中的实施者在理解冷冻和解冻过程的同时,了解冷冻技术是如何成功地应用到食品供应中几乎每个极易腐烂的环节,那么它将对这个令人兴奋的行业做出自己的贡献。

美国冷冻食品研究所研究和技术中心前任高级副总裁 Hugh Symons

前 言

就像题目所示,本书是专为在冷冻食品行业中工作的食品工程师和食品科学家而写的。冷冻食品行业既指冷冻食品制造业,又指冷冻设备制造业。总的来说,本书提供的信息对食品工业中其他行业以及对食品专业的学生也将是有用的。本书的目的是对冷冻食品行业的最新技术作一回顾,分成两部分:①行业的一般问题讨论;②特殊的产品领域。

在第一部分中,第1章论述了冷冻过程中的物理学和化学现象,包括对玻璃态现象的综述;第2章论述了冷冻过程的实现,此章也论述了冷冻食品的分发和贮藏;第3章讨论了包装和包装机械,此部分包含了相当篇幅的技术新进展;第4章详细讨论了产品安全性的关键点,也包括了与微生物和卫生学有关的工厂设计,以及消费者的再加热过程,特别是微波加热等内容;由于健康和营养对消费者已变得越来越重要,因此第5章综述了目前冷冻食品的营养状况和在现代饮食中的作用。由于冷冻食品科技含量提高的驱动力是其产品的巨大的市场和不断增加的竞争压力,因此第一部分的最后一章论述了新型冷冻食品的开发,以及在消费导向的市场中如何应用有关技术去创新等问题。

本书第二部分主要论述具体产品领域。一些传统的冷冻产品类别(如肉禽类、鱼贝类、果蔬类)讨论得比较详细,每个类别既讨论了其本身商品价值,又讨论了其增值。最后两章是过去10年中发展迅速的冷冻即食餐和焙烤产品的内容。本书与其他新近出版的同类书不同的是:未涉及内容相关但技术特点区别很大的冰淇淋和冷冻甜食方面的内容。

本书各章的作者均是各个具体领域的专家,他们的观点无需与其所工作的机构的观点相一致。在一本涉及技术的书中,给文字配上具体制造商生产的设备的图片自然是必须的,但这决不意味着对此设备的肯定。

本书的写作和出版过程已花了很长时间,谨此对帮助过我的冷冻食品行业中工作的同行们表示谢意。Hugh Symons 给我提供了许多北美洲冷冻食品发展方面有价值的信息, Tom Little 对本书所有的内容和涉及范围进行了细致的修改, Doug Barnes, Jeremy Carter, John Coldbeck, Joan Cowper, Merv Goddard, Barrie Hall, Nick Hamer, David Hughes, Peter Lillford, Lon Seamons, Andy Stark, Mike Walker 和 Richard Yoell 对本书各个方面提出了许多有帮助的意见。我在 Walton, Cathie Bull, David Graham, Tony Heaney 和 Peter Gaze 公司工作的同行对本书总体安排提出过很好的建议。所有的供稿者面对的是一个时间要求苛刻、干预欲望强烈的编辑。我非常感谢 Nikki Winning, Beryl Rumble, Marie Taft 和 Beth Chambers 在秘书事务方面所给予的帮助,也感谢 Christine Renfree 为“主编引言”作了图表。最后应感谢我的家人,他们在我编辑此书的许多个夜晚和周末都保持了容忍和克制。

C.P.Mallett

供稿者及地址

- Dr D. Arthey** Campden Food and Drink Research Association,
Chipping Campden, Gloucestershire, GL55 6LD, UK
- Professor A.E. Bender** 2 Willow Vale, Fetcham, Leatherhead, Surrey KT22 9TE, UK
- Mr M. Croucher** Kliklok International Ltd, Western Drive, Hengrove
Park Estate, Bristol BS14 0AY, UK
- Mr P. Harrison** Waddingtons Cartons Ltd, Cockburn Fields,
Middleton Grove, Leeds LS11 5LX, UK
- Mr B. Hendley** Weybridge Technology Ltd, 2Tenterden, 73 Bois
Lane, Amersham, Buckinghamshire HP6 6DB, UK
- Dr R.L. Henrickson** 704 Hillcrest Avenue, Stillwater, Oklahoma 74075, USA
- Mr G. Löndahl** Food Technology and Research, Frigoscandia AB,
Box 912, S-251 09 Helsingborg, Sweden
- Dr C.P. Mallett** Birds Eye Wall's Ltd, Station Avenue,
Walton-on-Thames, Surrey KT12 INT, UK
- Dr J.L. Marsden** American Meat Institute, 1700 North Moore Street,
Arlington, Virginia 22209, USA
- Mr T. Mayes** Unilever Research Laboratory, Colworth House,
Sharnbrook, Bedford MK44 1LQ, UK
- Mr C.P. Morrison** Ross Youngs, Ross House, Wickham Road,
Grimsby, South Humberside DN31 3SW, UK
- Dr P.O. Persson** Tegnergatan 5, S-254 40 Helsingborg, Sweden
- Professor D.S. Reid** Department of Food Science and Technology,
University of California, Davis, California 95616, USA
- Mr M.L. Shaevel** Shaevel & Associates Ltd, 246 Ranch Trail West,
Williamsville, New York 14221, USA
- Mr C.E. Stauffer** Technical Foods Consultant, 631 Christopal Drive,
Cincinnati, Ohio 43231, USA
- Mr H. Symons** 1764 Old Meadow Lane, Suite 350, McLean,
Virginia 22102, USA
- Mr G.M. Telling** Unilever Research Laboratory, Colworth House,
Sharnbrook, Bedford MK44 1LQ, UK

目 录

主编引言	1
1 动植物组织的冷冻和解冻过程中的基本物理现象	6
1.1 引言	6
1.2 冷冻的物理变化	6
1.3 植物组织的冷冻	10
1.4 动物组织的冷冻	14
1.5 生物聚合体溶液的冷冻	14
1.6 冷冻和解冻的比较	16
1.7 冷冻过程的计算机模型	16
1.8 冷冻与可替代保存技术的比较	17
2 冷冻技术	19
2.1 引言	19
2.2 定义	19
2.3 热力学方面	21
2.4 冷冻机选择	27
2.5 鼓风式冷冻机	30
2.6 接触式冷冻机	36
2.7 低温冷冻机	39
2.8 冷冻食品的物理贮藏和分发	41
3 冷冻食品的包装	47
3.1 引言——为何使用包装	47
3.2 原材料选择标准	47
3.3 包装类型	49
3.4 初级包装	49
3.5 二级包装	53
3.6 三级包装	53
3.7 温度显示器	55
3.8 冷冻食品初级包装的装箱机	55
3.9 直立式成型-填充-密封(FFS)	59
3.10 袋成型流水线设备	62
3.11 采用卧式成型-填充-密封设备的包装	64
3.12 通风装置与加盖装置	65
3.13 三次包装机械	66

4 冷冻产品的安全性——从工厂到消费者	71
4.1 质量保证原理	71
4.2 安全性的微生物方面	74
4.3 安全性的化学和物理方面	81
4.4 工厂设计	84
4.5 最终产品	91
5 冷冻食品的营养因素	95
5.1 引言	95
5.2 营养准则的近期发展	96
5.3 冷冻和冻藏对于果蔬中营养成分的影响	99
5.4 冷冻和冻藏对肉和肉制品中营养成分的影响.....	103
5.5 冷冻和冻藏对鱼中营养成分的影响.....	105
5.6 与其他制备方法的比较.....	105
5.7 结论.....	107
6 为市场开发冷冻产品	110
6.1 引言.....	110
6.2 市场方面.....	113
6.3 开发进程.....	115
6.4 研究与开发.....	120
6.5 包装和产品开发.....	125
6.6 质量方面.....	125
6.7 结论.....	127
7 肉和肉制品	129
7.1 引言.....	129
7.2 肉的组成与结构.....	129
7.3 影响肉特性的因素.....	130
7.4 肉的冷冻.....	133
7.5 零售切割肉.....	134
7.6 增值肉制品.....	135
8 鱼与贝类的冷冻	148
8.1 引言.....	148
8.2 鱼的种类——冷冻贮藏的方式、现状及其重要性	149
8.3 鱼与贝类捕捞与处理.....	152
8.4 半成品加工.....	159
8.5 鱼品深加工.....	163
8.6 贝类.....	166
8.7 鱼糜制作技术.....	169
8.8 鱼与贝类的冻藏.....	170

9 果蔬的冷冻加工	176
9.1 引言	176
9.2 蔬菜加工	177
9.3 主要果蔬产品	188
9.4 高附加值产品	195
10 冷冻预制餐的制造	197
10.1 引言	197
10.2 冷冻餐生产和装配中的原料流程	198
10.3 组分的预制	199
10.4 膳食成分的装配	212
11 冷冻焙烤制品	220
11.1 引言	220
11.2 全焙烤制品	221
11.3 冷冻面团	236

主编引言

C. P. Mallett

冷冻食品行业是食品工业中最大和最有活力的行业之一。如今,在美国和欧洲,它已经发展成为总资产超过 750 亿美元的产业。因为本书是一本论述技术的书,在覆盖这个庞大、多变的行业方面,它的每一页都是非常有价值的,所以那些对冷冻食品的历史感兴趣的读者可以参阅一些较早的书籍^[1,2]以及最新的综述性文章。^[3]然而,自从关于这一主题最新的技术书出版后,出现了许多变化,这些变化的结果是企业已大为改观;在过去的半个世纪中,尤其在美国,这些变化的冲击导致了该行业的大幅度增长(图 1 和图 2),以及在世界范围内人均消费量的快速增长(图 3)。

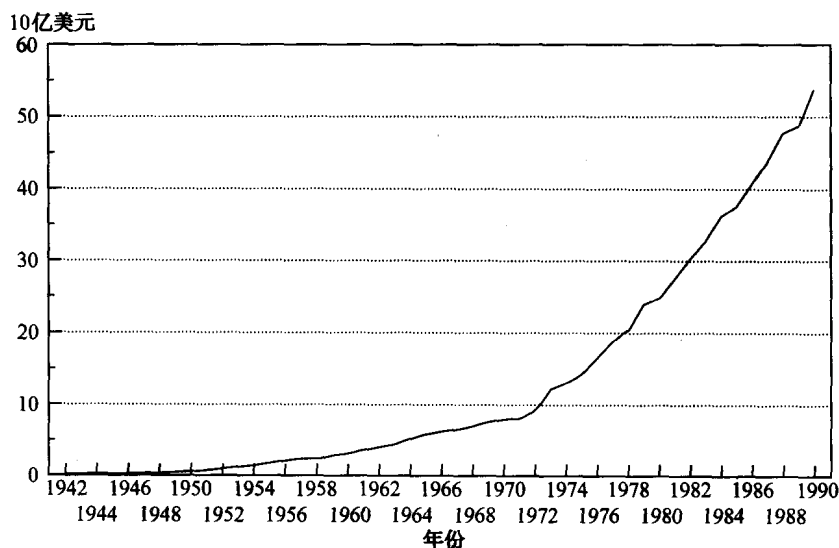


图 1 1942~1990 年期间,美国生产的冷冻食品总价值(以 10 亿美元为单位计)

包括被一些机构和再加工者以保守价格或平均价格购买的冷冻水果、蔬菜、浓缩物、禽类、肉类、海产品以及预制食品价值总额。

(数据选自《国际速冻食品》刊物^[4])

(1) 消费环境的改变

英国冷冻食品工业的一篇评论文章^[5]已经证实了上半个世纪消费行为的主要趋势。其中最重要的两点是:职业妇女数量的增长以及单个家庭人员的下降(图 4)。这两个因素已经导致了花费在预制食物上的时间大幅度下降。例如,在英国,它预测在 1988~1995 年期间,消耗在预制食物上的时间将下降 25%。这种下降是由于厨房用具的革新以及随着更多的妇女进入劳动力市场后,方便食品发展的必然结果。微波炉使用的不断普

及对大多数的饮食习惯产生了很大的冲击,尤其是对冷冻食品市场,这是因为它不仅能快速制备膳食,而且在制备食物过程中,它提供了很大的灵活性,并且它还能迎合那些“吃快餐者”“素食者”以及那些“匆忙用餐者”的要求。

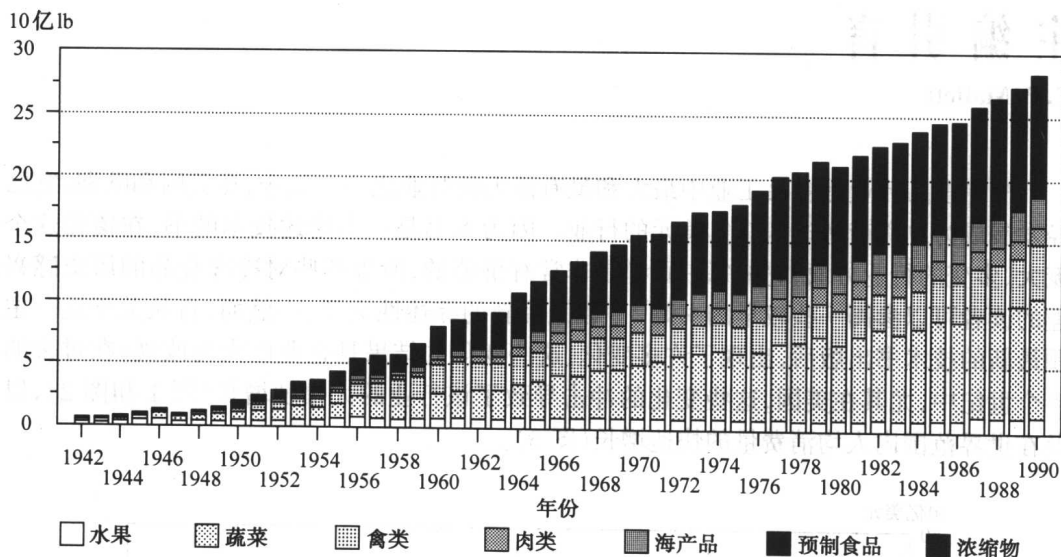


图 2 1942~1990 年期间,美国商业化冷冻食品的产量(以 10 亿 lb 计)

预制食品的数字不包括马铃薯(它包括在蔬菜中)和鱼棒、鱼类、扇贝和涂有面包屑后烹制的小虾(它们包括在海产品中),但是包括禽类。浓缩物的数字包括饮料汁,合成的和其他浓缩的液体,以及已经冷冻的浓缩汁。预制蔬菜除了洋葱以外都列入了预制食品中。水果和海产品包括进口量。

1lb=0.4536kg,(数据选自《国际速冻食品》刊物)

图中预制食品和浓缩物的图标不易区分,原版书即如此一编者注。

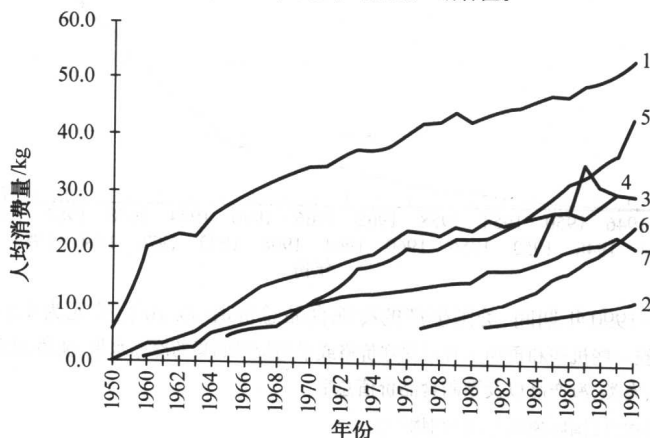


图 3 冷冻食品的人均消费量

(由 Frigoscandia 提供)

1—美国 2—日本 3—瑞典 4—英国 5—丹麦 6—法国 7—前联邦德国

另外一个影响企业的重要消费趋势是健康食品的发展。所谓健康食品是指消费者为了提高他们总体的健康水平和增加寿命而有意挑选的那些食物。虽然这个趋势并不是冷冻食品行业独有的现象,但是它仍然会对新产品的开发(尤其对预制食品开发)产生极大的影响,而且它还包括了对热量控制以及对脂肪、盐、糖消费等营养问题的广泛关注。很

可能这种流行健康食品的趋势还将继续下去,而且还会很好地溶进一种生活方式中,这种生活方式是一种对个体健康的关注,而这种关注是通过对环境保护来补充的,环保可能会对冷冻食品的包装产生深远的影响。

消费者期望食品供应商不仅能满足他们对于方便和健康食品的要求,而且还要继续扩大产品的种类,提高产品的质量。我们要记住:第一,只有产品味道可口,人们才会购买;第二,即使有再多的市场专家或杰出的技术才能也不能挽回劣质产品的恶名。这两点是非常重要的。

(2) 冷冻食品业的发展

很显然,企业不仅要适应消费环境的改变,而且要受到集中和多样化两对矛盾的支配。一方面,反映了贸易递增和集中的大型公司的发展已经得到了巩固,另一方面,随着低温冷冻机和廉价机械冷冻机的发展,冷藏库的专业化分配和集中化的形成以及小型经营者在数量和种类上的增加,这些都降低了进入该行业的障碍。为了适应来自于小公司的挑战,大公司通过大幅度削减管理阶层来努力提高其灵活性,以减少成本。其中对加工方式产生深刻影响的主要发展是使用了质量管理以及从它衍生出的一些理论,例如质量改进项目,质量保证以及推动和鼓励职工减少成本和浪费。

随着对一些早期经验的科学化认识水平的不断提高,也产生了一些重大的技术改进,因此证明了巴斯德的格言:“没有应用的科学,只有科学的应用。”这些改进在本书的个别章节中将详细讨论,但在冷冻食品的纯技术方面还有更多的进展未能展开。关于一些新的理论比如玻璃态,它还没有被证明是可行的,但是这些方面的工作仍然在继续,而且还将会更多地利用材料科学作为食品技术整体进步的一部分,其中包括对食品微观结构以及配方或加工过程中加工状态和感官结果变化的认识。

(3) 零售环境的变化

北美、欧洲、澳大利亚已经出现了零售业的逐步集中。在一些国家(尤其在英国),集中与高零售利润已促使个人(或私有)商标的食品得到了增长,以至于在一些部门中,它们的市场份额超过了品牌产品的份额。许多零售商已使他们的分配体系集约化,并通过满足个体商店的要求来消除对大型销售商的依赖。正如前面所提到的,这种发展有助于促进小型公司进入市场。

(4) 行业的国际化

大型食品公司(如 Unilever, Nestle 和 Kraft General Foods)的发展历程有助于灌输一种一致的理念,即它们在国际化前只是相当小的地方性企业。很显然,在欧洲,由于单一市场的完成,这种观点将会被大大加强。然而,如表 1 所示,在世界范围内,由于人均消费量和重点产业的不同,各个产业之间也存在着相当大的变化。例如,美国冷冻食品的

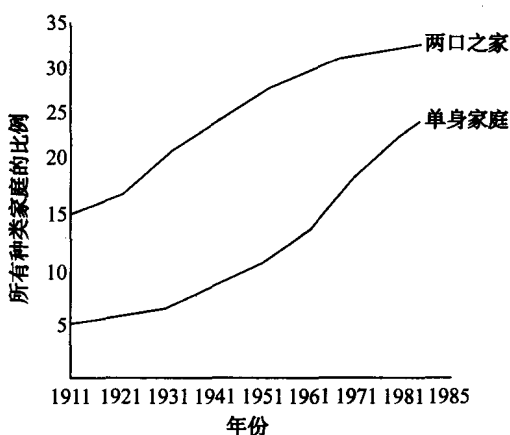


图 4 1911~1985 年期间,

英国单身家庭的增加情况

(来源:人口普查和 1985 年劳动力调查)

表 1 1990 年世界各国冷冻食品市场情况 (以千吨量计)

	美国	日本 ^①	欧洲	澳大利亚	丹麦	芬兰	法国	德国	意大利	荷兰	挪威	西班牙	瑞典	瑞士	英国
蔬菜	1422	63	1491.9	39.9	43.4	16.4	303.6	281.2	193.8	44.9	14.6	56.5	36.0	29.8	331.8
马铃薯产品	2884	38	1067.8	25.8	13.7	14.4	335.9	332.4	57.4	79.8	8.2	38.7	33.0	29.1	199.4
鱼/海产品/软体动物	1087	219	973.6	12.1	13.1	11.3	269.5	127.3	54.2	13.0	12.3	256.7	50.6	17.4	136.4
面包/糕点/乳制品															
包括意大利饼	3120	560	641.3	10.4	30.4	4.5	170.0	180.4	37.6		18.0	10.9	15.7	13.0	150.4
膳食/汤															
炖的肉和蔬菜/小吃				8.3	28.0	2.5	49.5	153.9	13.1		3.4	8.5	23.6	6.2	152.8
水果和果汁	1774	2			2.1	3.1	9.2	22.2	1.1			4.9	5.3	2.8	
肉和鹿肉	622	137	589.6		35.7	4.3	167.9	84.6	11.4		19.3	45.7	51.4	10.6	78.9
禽	1999	5	625.8		51.2	12.1	36.9	434.0	11.7		9.8		35.6	34.5	
其他						0.4				29.0	1.0	17.0	1.0	1.0	
合计	12909	1024	6040.2	96.5	217.6	69.0	1342.5	1616.0	380.3	166.7	86.6	534.0	251.8	146.9	1052.5
人均消耗量/kg	51.6	8.3	17.4	12.7 ^②	42.3	13.8	23.7	20.4	6.6	16.5 ^②	20.4	13.5 ^②	29.3	21.8	18.9 ^②
人口数	246	123	323	7.6	5.2	5.0	56.6	79.3	57.6	14.9		39.5	8.6	6.8	55.7
有冰箱的家庭比例/%				66.0	95.0	80.0	43.0	69.0	89	70.0	80	55	90.0	70.0	84.0
有微波炉的家庭比例/%	82.0	65.0		24.0	18.0	60.0	23.0	34.0		20.0			40.0	20.0	51.0

注: ① Yamada 个人通讯提供。

② 不包括禽类。

数据选自《国际速冻食品》刊物(1991)

市场总额仍然超过欧洲的 2 倍,欧洲的市场总额又是日本的 6 倍。在欧洲,冷冻蔬菜、马铃薯产品以及鱼和海产品是最大的品种,然而对美国来讲,冷冻预制食品业是最大的一个独立行业,其次是冷冻马铃薯和禽类。

(5) 前景

冷冻食品业是快速增长的消费品工业的一部分,就其本身而言,它可能继续推动市场,这不仅是由于前面提到的方便性和保健性消费趋势,而且由于新的驱动力。从全球范围来看,这种新驱动力包括环太平洋的持续推动力、前苏联和东欧国家市场经济的变革以及那些能很好地促进冷冻食品向新市场渗透的开发战略。

在欧洲和美国,随着人们对环境关注意识的相应提高以及从保健性消费向功能性食品的延伸,很可能会出现人口的老龄化。上面提到的这些活动首先是存货管理的计算机化以及供给链经营带来的相当大变化的结果,它的产生是同持续性成本下降的背景相冲突的。

由于这些变化,从整体上预测,到 2000 年欧洲冷冻食品业将增长 35%,虽然这个数字还有相当大的不确定因素。

技术对这些变化的推动作用是可以推断的,但还存在下列可能发展的方向:

- 玻璃态理论在冷冻食品的制备和贮藏方面应用的确证(或否定);
- 冷冻机中热交换方式的改进,将更新自 Clarence Birdseye 引进第一台板式冷冻机以来基本没有改变的基础技术;
- 运用基因工程生产的原材料,尤其是蔬菜,可以对诸如风味或色泽等方面的特性进行一些选择。从长远观点来看,可能会获得一些能在低温冷藏系统中避免冷冻过程中发生质量变化的品种;
- 以材料科学为基础,对物料感官特性原理认识会不断扩展;
- 采用更加复杂的在线检测技术(如核磁共振)来测定食品中的冰含量;
- 其他领域的技术进步,如防腐剂的生产等一些食品保藏的竞争性手段(如对环境稳定的膳食)和包装体系(如充气冷藏食品)。

参 考 文 献

- [1] Desrosier, N. W. and Tressler, D. K. (1977) *Fundamentals of Food Freezing*, AVI, Westport, Connecticut, USA.
- [2] Tressler, D. K., Van Arsdel, W. B. and Copley, M. J. (1968) *The Freezing Preservation of Foods* (4 volumes), AVI, Westport, Connecticut, USA.
- [3] Frozen Food Institute (1992) *Frozen Food Report*, American Frozen Food Institute, 1764 Old Meadow Lane, Suite 350, McLean, VA 22102, USA.
- [4] Quick Frozen Foods International (1991) *Global Frozen Food Almanac*, 33, No. 2, pp. A1 - A32.
- [5] Birds Eye (1988) *Fifty Years of Change; the Birds Eye View*, Birds Eye Wall's Limited, Walton Court, Station Avenue, Walton-on-Thames, Surrey KT12 1NT.
- [6] Paulus, K. and Langguth, S. (1991) Europe 1992, in *Food Product Development; from Concept to the Marketplace*, Graf, E. and Saguy, I. S. (eds) AVI, New York.

1 动植物组织的冷冻和解冻过程中的基本物理现象

D. S. REID

1.1 引言

为了理解与食品冷冻有关的问题和优势,有必要首先分析控制冷冻过程的基本因素。冷冻涉及两个相关联的过程:①温度降低;②由液态向固态的相变化。这两个过程都伴随着物质热含量的减少。第一个过程,降低温度本身会使各种变化的速度下降,因此,在缺乏特殊手段的情况下,可用来延长产品的贮藏期。正是这一原因,降温贮藏被食品工业广泛采用。

同时,降低温度的效果是有重要意义的。本章主要阐述冷冻过程和可能影响这些过程的因素,主要是关于水变成冰的相变,以及引起这一相变的其他变化。

1.2 冷冻的物理变化

1.2.1 前言

当考虑冷冻过程时,我们必须特别关心水变冰这个过程的两个方面——热力学因素和动力学因素。热力学因素决定平衡位置,动力学因素描述达到平衡的速度。在许多系统中,动力学对最终冻结体系的形成具有深刻的影响。然而,动力学是对热力学概率的一种调整。也就是说,热力学达不到的动力学不可能达到,而热力学上有可能达到的,在动力学上也可能达不到。因此最好首先描述热力学的特性,然后再考虑决定冻结体系形成的动力学约束。

重要的是要记住:所有体系一旦满足条件,随时都有倾向于即刻达到反映平衡的热力学状态。而动力学约束则控制在某一瞬间,某一设定的条件下,该系统达到每一潜在平衡的速度。因此,时间、温度和系统压力对能否达到已经被认为是存在的那些状态具有重要的影响。

1.2.2 水变冰的热力学

当系统的热量被转移,而没有相态的变化,则温度的变化可以用下面的关系式来描述:

$$\Delta T = \frac{q}{C} \quad (1.1)$$

式中 ΔT ——温度变化

q ——被转移的热量

C ——热能或比热容^[1]

如果相态发生了变化,热容量会发生进一步变化,而不必伴随温度的变化,与此现象相关的热量称作潜热,用符号 L 表示。我们得考虑到从纯水到冰的相变这一范围内纯水热容对温度的依赖性。

1.2.2.1 纯水形成冰

液态水的比热容约为 $4.18\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$,为便于讨论,假设与温度无关,尽管事实上比热容与温度的关系很小但很显著。相反,冰的比热容约为 $2.09\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$,仅略微与温度有关。在 0°C 状态下,水变成冰将释放 $335\text{kJ}/\text{kg}$ 的能量,这个能量是水结晶的潜热,图 1.1 表明了 0.1MPa 下,根据热力学定义的线路,水变成冰的热容量变化曲线。为了以后讨论,两种相态的外推特性用虚线表示。如果实际压力不是 0.1MPa 的话,则冰的熔点 T_m 将改变,关系式为:

$$\frac{dT_m}{dp} = \frac{T\Delta V}{L} \quad (1.2)$$

式中 p ——实际压力

ΔV ——液相与固相的体积差

“压力增加可能导致熔点的降低”这一理论上的结论,使高压在冷冻食品技术方面被特别采用。

1.2.2.2 溶液中的水变成冰

当一个系统组成成分的化学能 μ 在所有相态中相等时,系统处于平衡。在液态时,化学能与平衡蒸汽分压成比例,图 1.2 表示水的平衡蒸汽分压与温度函数关系,在 0°C 时,纯水的蒸汽压和冰的蒸汽压是相等的。实线表示平衡状态下的蒸汽压,虚线是外推的,在水中加入溶液,蒸汽分压将下降,关系式为:

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = x_2 \quad (1.3)$$

式中 p^0 ——纯水的蒸汽分压

p ——溶液中水的蒸汽分压

x_2 ——该溶液中溶质的摩尔分数^[1]

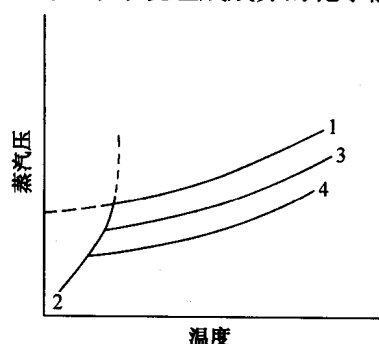


图 1.2 水的蒸汽分压与温度的关系图

1—纯水 2—冰

3、4—增加溶质浓度的溶液

如图 1.2 所示,溶液蒸汽分压和冰的蒸汽压一

致往往发生在较低温度处,此现象称为冷冻点降低。

在稀溶液中,冷冻点降低可以由潜热能 L 和溶质的摩尔分数 x_2 估计出来,其理想关系式可以从许多教科书中找到。理想的冷冻点降低现象仅仅存在于低浓度溶液中,高浓度时则表现出非理想行为,简单的数学关系式不再能估计其冷冻点降低。当冰从溶液中