

食品冷冻冷藏工程技术丛书

速冻及冻干食品 加工技术

张国治 主编
田少君 李 果 副主编



化学工业出版社

食品冷冻冷藏工程技术丛书

速冻及冻干食品加工技术

张国治 主编

田少君 李 果 副主编



化学工业出版社

北京

张俊海 彭 青 冯 玲 编

定价：24.00元

内 容 提 要

本书是《食品冷冻冷藏工程技术丛书》中的一本。本书主要分五章介绍了冷冻、冷藏和冻干食品的生产原理、设备和加工技术。第一章为食品速冻的工艺学原理与速冻设备,第二章为速冻面类食品加工工艺,第三章为速冻肉制品和水产品,第四章为果蔬、蛋奶品速冻的工艺,第五章为真空冻干类食品加工。

本书适合从事冷冻冷藏食品研发、生产和企业管理人员阅读和参考,也可供食品科学与工程专业、制冷专业及管理、营销专业的大专院校师生使用。

木 对 工 时 品 食 干 冰 还 志 教

编 主 张 国 治

编 主 编 果 李 管 少 田

图书在版编目 (CIP) 数据

速冻及冻干食品加工技术/张国治主编. —北京:
化学工业出版社, 2007. 8
(食品冷冻冷藏工程技术丛书)
ISBN 978-7-122-00872-5

I. 速… II. 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 (2007) 第 114734 号

责任编辑: 张 彦

责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 潘 峰

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 21½ 字数 457 千字 2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

序

在蓬勃发展的食品工业中，冷冻冷藏食品以其卫生、方便和质优的特点，深受广大消费者的欢迎，发展势头十分强劲，是当今世界上发展最迅速的食品产业之一。最近几年，世界冷冻冷藏食品的增长速度高达 20%~30%，超过任何一种食品，品种达 3000 多个。美国、日本、欧洲等国家和地区已形成从原料生产、机械化加工、销售、运输、家庭食用完整的冷藏链，保证了速冻食品的工业化和社会化。冷冻冷藏食品销售量在发达国家将占全部食品的 50% 以上，占据各类加工食品的榜首。

我国冷冻冷藏食品生产起步于 20 世纪 90 年代，经过 10 多年的发展已具相当规模，产品集中度较高。近几年，我国冷冻冷藏食品生产企业通过引进国外先进加工技术及设备，提高了产品技术含量、质量和档次，保持了在国际市场上较强的竞争力，市场份额逐年扩大。我国冷冻冷藏食品出口比例约在 50%，且增长势头不减。2004~2006 年我国冷冻冷藏食品生产保持了近 35% 的增长速度，远高于全球 9% 的平均增长速度，是食品产业中发展最快的行业之一。

我国冷冻冷藏食品业发展具有以下特点：

1. 冷冻冷藏食品越来越多样化

五大类冷冻食品中，调制食品发展较快，每年以近 10% 速度增长，并突破以传统中式点心为主的现状，逐步扩大至菜肴、米饭、面条开发生产，已有新型家庭替代餐（HMR）形式出现，成为广大城镇居民一日三餐的选择。冷藏食品品种的多样化，几乎覆盖所有主、副食品，随市场需求变化，日配型烹调食品——“快捷食品”也有称为“鲜食”，每日（1~3 次）冷藏配送。如要求当日售完的煮（炖）制、烧烤、油炸、蒸制、凉拌、糟渍等六类主、副食品，有人称之为继鱼、肉、果蔬生鲜三品之后的第四生鲜食品，均需冷藏流通。

2. 生产消费市场区域性发展

我国人口众多，总的冷冻冷藏食品人均消费不高，大城市高一些，年消费 9kg/人。随着经济收入提高，城市化进程加快，广大城镇对冷冻冷藏食品需求有巨大市场空间。

3. 食品冷冻、冷藏链产业相应发展

由于冷冻冷藏食品加工、流通低温要求决定，必须建设和完善相应的冷藏链，国内外市场做大了，冷藏链产业也得到相应的发展。据不完全统计，年营业额在 500 万元以上的食品冷冻、冷藏企业共计 2 万余家，包括生产企业和流通企业，其中大部分是各种功能冷藏库和低温运输、配送企业，就业人员 250 万人。目前我国冷库容量约为 800 万吨/次，各类冷藏汽车 3.5 万辆，各类冷藏船吨位 10 万吨，各类铁路冷藏列车 8000 辆。为高效服务供应商与零售终端，实现冷冻冷藏食品全国

与进出口大流通，各大中心城区、集中产地、港口码头出现了各类功能和服务的低温物流中心，如生鲜食品加工配送中心、冷冻食品配送中心、超市卖场快餐（集团）公司配送中心、第三方物流中心等。

随着我国人民群众生活水平的提高和生活节奏的加快，大规模工业化生产主、副食品的时代已经来临，冷冻冷藏食品既能节省时间又能保证食品卫生和食品安全的要求，具有显著的社会效益。同时，能够带动和促进粮食转化、蔬菜种植、畜牧业和水产业的发展；而且带来了运输业、包装业等相关产业的发展；加快城镇化建设，提供更多的就业机会；推进农业产业化发展。

为了促进我国冷冻冷藏食品生产工艺、装备和技术水平不断发展，化学工业出版社组织以河南工业大学为主体的教师和工程技术人员编写了《食品冷冻冷藏工程技术丛书》。丛书作者以中、青年专家学者为主，他们在教学、科研和实际生产应用等方面取得了丰硕成果，承担着多项国家级和省部级重大科研课题，并多次荣获省部级以上科技进步奖。作者都具有博士、硕士学位，他们的基础理论扎实、实际工作经验丰富，在编写过程中注入了许多新理念、新技术，体现了冷冻冷藏时代发展的特征。

丛书共分三册，包括《速冻及冻干食品加工技术》、《速冻食品的品质控制》、《冷冻、冷藏食品的贮藏与运输》。本丛书是比较全面、有较高实用价值和参考意义的食品冷冻冷藏工程技术专著，适用于从事食品生产的技术、生产人员阅读，也可供从事食品科研及有关大专院校师生参考。本丛书的出版对指导冷冻冷藏食品加工技术和生产人员的实践，提高我国速冻食品加工行业的生产技术水平将会起到积极的促进作用。

河南省人民政府食品办公室主任

陈振杰

2007年8月

前 言

20 世纪 80 年代后期,我国市场开始出现冷冻调理食品。随着国民经济收入逐步提高,20 世纪 90 年代中期起大中城市超市连锁业的蓬勃发展,零售终端实现各式冷藏设施(柜),大大促进了冷冻食品业的发展。近年来,冷冻调理食品同水产、畜肉、家禽和果蔬形成了五大类冷冻食品,品种超过 600 种,年产销量在 900 万吨以上,出口量也逐年增加,其中速冻蔬菜外销日本、欧美等地,每年达 40 万吨以上。全国现有大型冷冻食品加工厂超过 1000 家,其中形成亿元销售额的企业约有 50 多家,已形成几十个著名品牌,占到市场一半以上的份额。冷冻食品已成为我国门类齐全且具有相当规模食品加工新兴产业。近十年来,我国各类冷藏食品($0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围)市场越来越大。食品素材以冷鲜肉,冰鲜鸡、鱼和预冷果蔬为标志的冷藏食品已相当普遍,熟食、鲜奶、豆制品、生面制品、半成品切配菜等传统食品逐渐进入冷藏链流通。

从全球范围看,当前冷冻冷藏食品已成为世界上发展最快的食品,其销售量在发达国家占全部食品的 $60\%\sim 70\%$,已跃居加工食品的首位。

随着人民群众消费水平的提高,饮食结构也在发生不断的变化,人们对自己的健康更加关心,迫切需要营养平衡和高效能的食物,尤其对方便、快捷及营养丰富的食品更为推崇,冷冻冷藏食品在市场上所占的比例也越来越大,相应的冷冻冷藏工艺、设备和技术水平也在不断更新,这就要求从事冷冻冷藏食品生产和研发的专业技术人员不断学习、更新知识。为此,我们编写了《速冻及冻干食品加工技术》一书,力求内容翔实、全面、系统,能对从事冷冻冷藏食品行业的科研、教学和工程技术人员提供一些帮助。

《速冻及冻干食品加工技术》一书主要分五章介绍了冷冻、冷藏和冻干食品的生产原理、设备和加工技术。第一章为食品速冻的工艺学原理与速冻设备,第二章为速冻面类食品加工工艺,第三章为速冻肉制品和水产品,第四章为果蔬、蛋奶品速冻的工艺,第五章为真空冻干类食品加工。

本书由河南工业大学张国治主编。在本书的编写中,河南工业大学的领导和老师们给予了很多的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

本书第一章中第一节,第二章中第三、第四、第五、第六节,第四章,第五章中第一、第四节由张国治编写;第一章中第二、第三节由范璐(河南工业大学)编写;第二章中第一、第二节由王云光(河南方欣米业有限公司)编写;第三章中的第一、第二节由李果(郑州市粮食科学研究所)编写;第三章中的第三、第四节由田少君(河南工业大学)编写;第五章中第二、第三节由莫重文(河南工业大学)编写。

由于编者学识和水平所限,书中难免会存在不足之处,望读者指正。

编者

2007 年 10 月

目 录

第一章 食品速冻的工艺学原理与速冻设备	1
第一节 概述	1
一、速冻食品简介	1
二、速冻食品和速冻装置的分类	1
三、国内外速冻食品发展的现状及预测	3
第二节 食品速冻原理	6
一、冻结原理	6
二、食品冻结时冰晶的大小及分布	10
三、影响食品速冻的因素	17
第三节 速冻设备	19
一、隧道式连续速冻机	19
二、螺旋式速冻机	24
三、平板式速冻机	26
四、回转式速冻机	29
五、液氮速冻装置	30
六、液体 CO ₂ 速冻设备	34
七、升降式速冻设备	35
八、带式冻结机	39
九、流态化速冻装置	39
十、真空速冻机	43
十一、小型速冻-冷藏两用装置	44
第二章 速冻面类食品加工工艺	46
第一节 食品添加剂在速冻面制品中的应用	46
一、食品添加剂单体在速冻面制品中的应用	46
二、复配型食品添加剂在速冻面制品中的应用	52
第二节 速冻饺子生产技术	52
一、生产原辅料预处理及工艺要求	52
二、典型速冻饺子生产工艺规程及配方	60
第三节 冷冻面团制作面包生产技术	70
一、冷冻面团技术	70
二、冷冻面团制作面包加工工艺	74
三、影响冷冻面团质量的因素	80
四、冷冻面团冷冻贮存和解冻的工艺	85

五、冷冻面团的特性测试	90
第四节 速冻馒头、速冻面条生产技术	91
一、生产原料及要求	91
二、典型速冻面条类产品生产工艺	92
第五节 其他类速冻面制品加工技术	100
一、速冻面点加工工艺	100
二、速冻饼类加工工艺	107
第六节 速冻米类制品加工技术	110
一、速冻汤圆	110
二、速冻粽子	113
三、速冻玉米类产品	117
四、其他速冻米类制品	119
第三章 速冻肉制品和水产品	124
第一节 肉类和水产品冻结冻藏时的变化	124
一、肉类和水产品冻结时的变化	124
二、肉类和水产品冻藏时的变化	129
第二节 肉类速冻食品加工工艺	135
一、肉类速冻食品的生产工艺和特点	135
二、浓厚味天然肉类提取物在速冻食品中的应用	138
三、典型速冻牲畜类产品	140
四、典型速冻家禽类产品	148
第三节 速冻水产品的加工工艺	151
一、概述	151
二、速冻水产品加工工艺	153
三、速冻鱼糜制品加工工艺	168
第四节 速冻肉类和水产品的解冻	173
一、速冻食品的解冻目的和要求	173
二、速冻食品的解冻装置	177
第四章 果蔬、蛋奶品速冻的工艺	186
第一节 概述	186
一、速冻蔬菜的发展现状及研究进展	186
二、速冻果蔬的分类	190
第二节 果蔬冻藏后的变化	191
一、品质特性变化	191
二、组织变化	192
三、速冻水果的玻璃化保藏	193
第三节 果蔬的速冻加工工艺	194
一、速冻果蔬加工工艺	194

二、典型速冻果品的加工工艺	197
三、速冻蔬菜的加工工艺	207
四、速冻豆类的加工工艺	218
五、食用菌类速冻加工工艺	224
第四节 速冻蛋奶类和其他类速冻食品加工工艺	229
一、速冻蛋奶品	229
二、速冻食品专用油的制备	231
三、超高压技术在速冻食品加工中的应用	233
第五章 真空冻干类食品加工	236
第一节 概述	236
一、冷冻干燥食品的概念	236
二、冷冻干燥食品的分类和特点	236
三、冷冻干燥食品的发展现状和前景	237
第二节 冷冻干燥的原理	239
一、冷冻干燥的基本原理	239
二、共晶点、共熔点及其测量方法	240
三、产品的预冻	243
四、产品的干燥	245
五、冷冻干燥速率的影响因素及强化措施	249
六、冻干曲线时序的制定	255
七、冻干的后处理	257
八、真空冷冻干燥食品的品质控制	258
第三节 冷冻干燥设备及其自动化控制系统	261
一、冻干机的组成和冻干程序	261
二、冷冻干燥设备自动化控制系统	271
三、冷冻干燥设备的真空泵配置	275
第四节 冷冻干燥产品的生产	280
一、冷冻干燥果蔬制品	280
二、冷冻干燥肉和水产品	302
三、冷冻干燥蛋白制品和奶制品	309
四、微波冷冻干燥制品	317
五、冷冻干燥在食用菌中的应用	320
六、冷冻干燥在其他食品中的应用	324
参考文献	331

第一章 食品速冻的工艺学

原理与速冻设备

第一节 概 述

一、速冻食品简介

速冻食品起源于美国，始于 1928 年，但在以后很长的时间内，由于人们对速冻食品缺乏必要的认识，没有赢得更多的消费者，生产发展十分缓慢。直到二次世界大战后，速冻食品才迅速发展起来，1948~1953 年美国系统地研究了速冻食品，加州阿尔贝尼美国农业部西部地区研究所提出了著名的 T. T. T (time-temperature-tolerance) 概念，并制定了《冷冻食品制造法规》。从此以后，速冻食品实现工业化生产并进入超级市场，深受消费者青睐。特别是果蔬单体快速冻结技术的开发，开创了速冻食品的新局面，此技术很快风靡世界。最近几年，世界速冻食品的生产和消费方兴未艾，其增长速度高达 20%~30%，超过任何一种食品，品种达 3000 多个。美、日、欧一些国家已形成原料产地加工、销售、家庭食用的完整的冷藏链，保证了速冻食品的工业化和社会化。速冻食品将成为世界上发展最快的食品，其销售量在发达国家将占全部食品的 60%~70%，已取代罐头食品的垄断地位而跃居加工食品的首位。

速冻食品由于具有新鲜、食用方便、营养价值保存性好等优点而颇受消费者的欢迎。近年来我国速冻食品的发展较快，速冻技术也迅速发展。食品单体快速冻结技术，采用先个体冻结后包装的方法，使冻结食品快速通过最大冰晶生长区，真正实现速冻的目的，确保速冻食品的品质优良，适用于冻结颗粒状、块状和片状食品。与传统冻结技术相比具有冻结速度快（一般仅需 30min 以内）、质量好、包装和食用方便等特点。

速冻食品的品质好坏除与原料品质、冷藏链的设备完善程度及技术管理水平有关外，最关键的是与冻结过程有关。如果食品快速通过最大冰晶生长区，可避免在细胞间隙生成大的冰晶体，减少细胞内溶质的浓缩现象，最大限度保持食品的原有结构，减少细胞内水分外析，减少解冻时汁液流失，可以保证速冻食品的品质优良。

二、速冻食品和速冻装置的分类

1. 速冻食品的分类

速冻食品的品种很多，归纳起来大致可分为：

- (1) 速冻水产类 虾仁、无头虾、鲜贝、蟹、泥鳅片、海带、银鱼、鱼片、鲑

鱼、墨斗鱼等。

(2) 速冻畜禽类 猪排、肉串、汉堡肉饼、牛排、畜禽小包装的分割肉(肉丝、肉片、肉丁)、肉鸽、鹌鹑、猪副产品等。

(3) 速冻果蔬类 青豆、荷兰豆、蚕豆、蒜薹、胡萝卜、青椒、黄瓜、茄子、草莓、龙眼、荔枝、马蹄、桃、苹果、杏、白果、板栗、芦笋、香蕉等。

(4) 速冻调理食品类 馒头、花卷、烧麦、锅贴、八宝饭、米饭、面条、银丝卷、春饼、窝窝头、速冻三明治、汉堡包、比萨、油炸肉饼、水饺、肉包、小笼包、春卷、炒饭、汤圆、馄饨、肉丸及鱼丸和速冻奶汁烤菜、榨菜肉丝、回锅肉、咖喱鸡、鱼香肉丝、蚝油牛肉、酱爆鸡丁、鸡丝海参、青椒牛肉及青豆肉丁等盘菜。

2. 速冻装置的分类

食品速冻工艺的总趋势是低温、快速冻结,冻品的形式也从大块盘状冻结向单体快速冻结发展。目前我国的速冻装置大致可分为强烈吹风连续式速冻装置、隧道式冻结装置、接触式冻结装置、直接冻结装置。

(1) 强烈吹风连续式速冻装置 强烈通风速冻装置采用翅片管蒸发器,送风机采用压头较高的离心风机或轴流风机,冷媒用氨泵强制循环,所以具有传热效率高,占地面积小的特点。一般这种装置,空气通过被冻物时的速度为 $3\sim 6\text{m/s}$,温度为 $-40\sim -30^{\circ}\text{C}$,因此其速冻速度比管架式速冻速度快 $2\sim 4$ 倍,其中的被冻物,可以采用机械间断进出或连续进出,生产能力较大。

(2) 隧道式冻结装置 隧道式冻结装置内设有空气冷却器和送风机,被冻物品装在小车上,通过隧道时,吹入冷风使其速冻。隧道式冻结装置,由于它不受食品形状限制,食品在吊轨上传送,劳动强度较小。该装置大多使用轴流风机,风速大、冻结速度快(但食品干耗较大),蒸发器融霜采用热氨和水同时进行,所以融霜时间短,其特点是风量大,冻结速度快。

(3) 接触式冻结装置 接触式速冻装置又称平板速冻装置,其工作程序是把食品放在各层平板间,用油把平板压紧,由于空心平板中冷媒蒸发,直接接触速冻,所以传热系数大,速冻时间短,而且可在常温间运行。这种装置可用氟利昂、盐水等作为冷媒,但缺点是结构复杂,不能进行连续性生产,而且对速冻食品的厚度有一定限制。

(4) 直接冻结装置 该方法要求食品(包装或不包装)与不冻液直接接触,食品在与不冻液换热后,迅速降温冻结。直接接触冻结法由于要求食品与不冻液直接接触,所以对不冻液有一定的限制,特别是与未包装的食品接触时更是如此。这些限制包括无毒、纯净、无异味和异样气体、无外来色泽和漂白剂,不易燃、不易爆等。另外,不冻液与食品接触后,不应改变食品的原有成分和性质。

3. 速冻食品的特点

速冻食品与其他食品相比有以下五大优点:

(1) 卫生质优 食品经过低温速冻处理,既能最大限度地保持食品本身的色泽风味及营养成分,又能有效地抑制微生物的活动,保证食用安全。

(2) 营养合理 如速冻调理食品配料时,可以通过原料的不同搭配控制脂肪、热量及胆固醇的含量,以适应不同消费者的需要。

(3) 品种繁多 速冻食品现有四大类、3000 多个品种,从副食到主食,从盘菜到小吃,样样俱全,这是任何其他加工食品不可比拟的,这也为那些不善于烹调的消费者提供了方便。

(4) 食用方便 速冻食品既能调节季节性供需平衡,又能减轻家务劳动,减少城市垃圾,保护环境。

(5) 成本较低 与罐头食品相比,速冻食品具有口味鲜和能耗低的优点。速冻食品比罐头食品能耗低 30% 左右。

三、国内外速冻食品发展的现状及预测

1. 国外速冻食品发展的现状及未来预测

美国是世界上速冻食品产量最大、花色品种最多、人均消费量最高的国家,速冻食品的年产量达 2000 万吨,品种近 3000 种,人均年占有量 60kg 以上。速冻食品从早餐、中餐、晚餐到各式点心、汤料、甜食,还有低盐、低糖、低脂肪速冻食品等,应有尽有。欧洲市场也是世界速冻食品消费的主要市场,目前速冻食品年消费量远远超过 1000 万吨,人均年占有量近 30kg。日本是亚洲速冻食品消费的第一大市场,也是世界上速冻食品的三大消费市场,年消费量在 300 万吨左右,人均占有量接近 20kg,其中煎炸食品和调理食品发展迅速,占全日本速冻食品总量的 75%。日本速冻食品花色品种繁多,多达 3100 种。在日本热销的速冻食品中有“中国风味”、“意大利风味”、“旧金山风味”等多种口味,并且日本的速冻食品很多是从中国传统的食品加以工业化演变而成的。

速冻食品是食品业的重要组成部分,全球速冻食品主要分布在欧洲和亚太地区,全球速冻食品市场份额欧洲为 46.10%,亚太地区 25.40%,美国 22.10%,其他地区 6.40%。

近年来,由于速冻食品具有营养价值高、卫生好、方便、快捷等特点,正被世界各国特别是发展中国家的人民所接受。全球速冻食品市场总量逐年增加,1999 年为 80429.30 百万美元,2000 年为 83575.40 百万美元,2001 年为 86544.50 百万美元,2002 年为 89155 百万美元,2003 年达到 922076.40 百万美元,2005 年达到 922076.40 百万美元,而且未来几年将以 3.4% 的年均增长速度增长。预计速冻食品市场的总量 2007 年达到 10546.94 亿美元,2008 年能达到 10906.36 亿美元。

2. 亚太地区速冻食品的现状及未来预测

亚太地区速冻食品较之全球发展更快,2003 年达到 23395 百万美元,2005 年为 25481.19 百万美元,2006 年为 26549.41 百万美元,1999~2003 年年平均增长速度达到 4.6%,比全球速冻食品的发展快了 1.2 个百分点,根据亚太地区速冻食品市场总量的资料,可推测出 2007 年、2008 年速冻食品市场的总量分别为 27662.41 百万美元和 28822.07 百万美元。

此外,亚太地区速冻食品种类构成主要以速冻肉、鱼和海产品,速冻面米食品

为主,比例分别为 45.90%、30.60%。

3. 国内市场速冻食品发展及对策

中国具有规模性的速冻食品,始于 20 世纪 80 年代,主要产品有包馅的面食(馅饼、饺子、烧麦等)、蔬菜类等。1994 年全国第一个冷冻食品协会在上海成立,标志着 20 世纪 90 年代冷冻食品在中国进入迅速发展的新阶段。1997 年,全国速冻食品企业达 1800 余家,产量达 450 万吨,有 200 多个品牌。速冻食品在我国红红火火十余年时间,不但以每年 15% 的速度递增,超过食品行业每年 11% 的年均增幅,并且出现了一批国内速冻食品知名品牌。1997~2005 年中国速冻食品市场总量依次为 1411.45 万吨、1607.98 万吨、1615.40 万吨、1781.04 万吨、1915.97 万吨、2277.96 万吨、2524.07 万吨、2580.70 万吨、2650 万吨。市场总量中国速冻食品总额逐年增加,1997~2005 年速冻食品占全部食品总额比重依次达到 1.72%、1.84%、1.92%、1.99%、2.04%、2.09%、2.14%、2.19%、2.26%,预计 2008 年速冻食品占全部食品总额的比重达到 2.5%。

据不完全统计,近年来,中国现有各类速冻食品生产厂家近 2000 家,年销售额达 300 亿元,但人均不足 7.5kg,仅为世界发达国家人均消费量的 12.5%。应该看到,中国目前速冻食品无论是数量还是品种都远不能满足市场的需要,其加工技术和国外相比差距较大,前处理技术和解冻技术较落后,冷藏链还不健全,大多数速冻食品机械还主要依赖进口,不能适应速冻食品的发展需要。

我国经济要振兴,食品工业要发展,发展速冻食品是一条必经之路。我国速冻食品还处在初期发展阶段,任务相当艰巨,因此,我们应当着眼现状,找出对策,以加快速冻食品工业的发展。

(1) 加强宏观调控力度,规范速冻食品业生产行为 速冻食品加工企业目前分属多个部门多渠道,生产水平参差不齐,标准滞后,真正形成规模并使之工业化生产的却不多。速冻食品在国内外都有广阔的市场,不提高质量和产品技术含量,以规模生产去开拓和占领市场,就有可能被发达国家和地区的速冻食品业所蚕食。目前国外的一些品牌已打入中国市场,全国各地已有许多合资和独资企业生产速冻方便食品和蔬菜,打自己的品牌,出口或在国内销售。制造商也把目光投向中国,而国内企业还未意识到激烈竞争的威胁。作为一个新兴行业,国家应对其进行宏观调控和指导,同时,尽快制定全面的质量控制标准,实行标准化、规模化管理,推行 GMP 和 HACCP,使之成为我国食品行业新的经济增长点。

(2) 研究进口国食品卫生法规和标准,建立健全检验标准体系 各进口国对速冻食品加工工艺、卫生条件、有毒有害物质的限量都有不同的要求和具体规定,应加强信息的收集工作。一些国家和主管卫生当局对冷冻食品的加工工艺和配方较为关注,商检证书相关内容的描述已成为进口国官方机构评价产品的重要依据,因此统一证书内容及用语十分必要,这样可避免用语不当而引起的误解,保证顺利通关。美国、日本等国已正式实施食品标签法,该法要求标签必须标明营养成分,并对内容和方式进行了严格而具体的规定。欧盟也将公布食品标签及广告要求,完善产品标准,包括取样方案、包装、贮藏和质量指标等。环境问题正在日益引起世界

各国的重视，国际市场要求食品包装使用不产生废弃物的包装材料，目前的潮流是用纸包装。所有这些都应引起足够的重视，以免违反进口国的有关法规而致退货或索赔，造成重大损失。

(3) 以市场为导向，积极开发有中国特色的产品 发展我国的速冻食品必须坚持开发高档产品与中低档产品相结合，出口创汇产品与内销产品相结合的原则。因此科研部门要对国内外速冻食品的发展状况、销售市场及饮食习惯进行系统调查，结合本地情况进行速冻食品的开发研究工作。

世界上素有“食在中国”之说，中国食品要走向世界，发展速冻食品是最重要的途径之一。我国速冻兔肉、牛肉在西欧已有一定的市场，蔬菜的出口品种和数量不断增加，近几年，各地开发出不少具有中国特色食品的新产品，如上海生产的蒸饺、生煎包、春卷，天津生产的“狗不理”包子、速冻豆沙包和速冻水晶包等速冻点心已打入日本、香港及东南亚市场，使中国传统点心在世界上崭露头角。业内人士认为在稳步发展速冻点心的同时还应大力发展以传统中餐菜肴为基础的方便食品。我国各地名菜很多，如果将一些名菜经过工艺定型，研究开发，制成风味别致、方便食用的食品打入国际市场，一定会受到消费者的欢迎。

在积极发展有中国特色食品以外，要积极发展速冻蔬菜的生产。速冻蔬菜作为速冻食品的主要产品，2005 年速冻蔬菜出口量已达 360 万吨，占蔬菜出口量的 60%，创汇约为 1460 多亿美元。我国蔬菜资源丰富，年产量在 1 亿吨以上，居世界首位，且有充足劳动力，积累了丰富的栽培经验，发展速冻蔬菜有得天独厚的条件。我们应抓住机遇发展速冻蔬菜的生产，在结构调整上，要减少低附加值的单一蔬菜产品的生产，大力发展高附加值、前景良好的混合型和调理冷冻蔬菜生产。

(4) 挖掘现有潜力，充分利用已有的冷库设备 目前，全国冷库的总容量为 700 多万吨，很多冷库只限于肉类、鱼类的冷冻贮藏，而当生产淡季和资源不足时，往往使冷库处于闲置耗能的状态，如果将这些冷库稍加改造，添置一些必需的速冻设备，则可在保证完成原生产项目的前提下，生产一些速冻蔬菜和调理食品，这样企业可以获得良好的经济效益。

(5) 以科技进步为先导，加速我国的速冻机械和食品加工机械的研发工作 目前使用的国产速冻机能耗大、制冷量小、冻结温度高，达不到速冻要求；产量小，不能满足大批量生产的需要。而进口速冻机价格太高，一般企业难以承受，因此应大力开发国产速冻机。除目前使用的带流化床的速冻机外，还应开发螺旋速冻机和液氮喷淋速冻机。现在我国大陆约有 80% 生产厂家的食品加工过程是手工操作，而美国、中国台湾地区及日本速冻食品加工 95% 以上都是机械加工。为了减少速冻方便食品手工操作引起的微生物污染、规格大小不一、单位质量不均、成型不良和速冻蔬菜分级、前处理、热烫及冷却等问题，应大力发展自动化生产线，使产品成型、填制、包装、密封、热烫及冷却等关键工序采用机械化、自动化生产。为此，食品机械行业主管部门要高度重视速冻食品机械的开发工作，本着“设计一代，研制一代，开发一代”的原则，集中物力、财力，加快速冻食品机械的研发工作，提高速冻食品工业的装备水平。

总之，速冻食品在国内外是发展速度较快的食品之一，我国速冻食品从生产厂家至商店及家庭冷冻链已经形成，所以随着人民生活水平的提高，对食品的卫生、营养、保鲜和方便性等方面的追求，以及速冻食品在国际贸易份额不断增大，速冻食品的发展前景是十分广阔的。

第二节 食品速冻原理

一、冻结原理

1. 食品的冻结原理

(1) 食品冻结 就是运用现代冻结技术，在尽可能短的时间内，将食品温度降低到它的冻结点以下预期的冻藏温度，使它所含的全部或大部分水分，随着食品内部热量的外散形成冰晶体，以减少生命活动和生化反应所必需的液态水分，抑制微生物活动，高度减缓食品的生化变化，从而保证食品在冷藏过程中的稳定性。

(2) 速冻食品 冻结食品就是将食品中心温度快速冷冻到 $-5\sim-1^{\circ}\text{C}$ ，通过最大冰晶生成带所需时间不超过30min。面类、鲜鱼和肉类含水率较高的食品，当品温达到 -1°C 时，食品中的水分开始冻结，温度降至 -5°C 时，所含水分的80%冻结，这时整个食品大致成为冻结状态。因此 $-5\sim-1^{\circ}\text{C}$ 的温度界限称为最大冰晶生成带。

(3) 冻结速度 食品表面至中心点距离除以中心品温自 -1°C 降低至 -5°C 所需时间的商值，一般以 cm/h 表示。R. Plank把食品冻结速度分为三类：快速冻结 $5\sim 20\text{cm/h}$ ，中速冻结 $1\sim 5\text{cm/h}$ ，慢速冻结 $0.1\sim 1\text{cm/h}$ 。国际冷冻协会(IIR) C_2 委员会对食品冻结速度所作的定义如下：食品表面与温度中心点间的最短距离与食品表面温度达到 0°C 后，食品温度中心点降至比冻结点低 10°C 所需时间之比，该比值即食品冻结速度（距离/时间）。例如某食品的表面与温度中心点间最短距离为8cm，食品的冻结点为 -2°C ，食品冻结过程中温度中心点降至比冻结点低 10°C （即 -12°C ）所需时间为12h，其冻结速度为 $8/12=0.67\text{cm/h}$ 。根据这一定义，食品温度中心点降温的计算值是随食品冻结点而改变的，与冻结速度计算的温度下限为 -5°C 相比要低得多，所以对冻结设备的设计、制造提出了更高的要求。

目前国内使用的各种食品冻结装置，由于性能不同，其冻结速度有很大差异，一般范围为 $0.2\sim 100\text{cm/h}$ 。例如食品在吹风冷库中冻结，其冻结速度为 0.2cm/h ，属慢速冻结；食品在吹风冻结装置中冻结，其冻结速度为 $0.5\sim 3\text{cm/h}$ ，属中速冻结；食品在流态化冻结装置中冻结，冻结速度为 $5\sim 10\text{cm/h}$ ，在液氮冻结装置中冻结，冻结速度为 $10\sim 100\text{cm/h}$ ，均属于快速冻结。

(4) 冻结特征 食品冻结点与食品中所含溶液的冰点有关，而液体的冰点是液相与固相平衡的温度。溶液的蒸汽压较纯溶剂（水）低，因此，溶液的冰点比纯溶剂的冰点低，食品的冰点也比纯水的冰点低。各种食品的成分各有差异，因此它们的冻结点也不一样，大多数天然食品的冻结点在 $-2.6\sim 0^{\circ}\text{C}$ 。冻结点温度在 0°C 的

有水、甘蓝菜； -0.5°C 的有花菜、豌豆； -1.5°C 的有红萝卜、鱼； -2°C 的有马铃薯； -2.5°C 的有小牛肉、羊肉； -3.5°C 的有蒜、香蕉、椰子； -7°C 的有胡桃； -8.5°C 的有花生等。

食品在冻结过程中会发生各种变化，如物理变化（体积、导热性、比热容、干耗变化等），化学变化（如蛋白质变化、变色等），细胞组织变化。在冻结过程中，当温度低于食品的冻结点时，食品开始结冰，但首先是食品的表层结冰，随着温度的不断下降，食品内部开始结冰。食品最终冻结程度可用结冰率表示，食品结冰率可由下式近似计算：

$$\psi = 1 - \frac{t_1}{t} \quad (1-1)$$

式中 ψ ——结冰率，%；

t_1 ——食品的冰点， $^{\circ}\text{C}$ ，查表获得；

t ——冻结食品的终止温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

从公式可以看出，食品的结冰率与冻结终止温度有关，与冻结速度无关。但是食品的冻结质量与冻结速度紧密相关。

冻结速度决定所形成的冰晶体的大小和数量。根据快速结晶理论，冰晶体的成核速度和生长速度与过冷状态有关，见图 1-1。A 点是食品的冰点，通常在 $-4 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 范围，当温度下降到冰点以下（B 点）时，晶体生长速度增加，但成核并不显著，这时生成的冰晶体粗大而少，在这个温度范围冻结食品品质很差。B-C 范围，晶核形成速率和晶体生长速率都最大；当温度处于 C-D 范围时，晶核形成速率仍很大，但晶体生长速率下降了，这时形成的冰晶体细小而多，冻结食品的品质好。

从图 1-2 可以看出，在食品冰点至冰点以下 5°C 范围，是最大冰晶生长区，这时冷冻曲线最平坦，因为在结冰过程中，放出大量潜热，必须提供足够的冷量，才能使冻结食品的品温快速通过最大冰晶生长区，这时冰晶的成核作用大于晶体生长作用，形成的冰晶体数量多，体积小。这样冻结食品的品质就好。这就是食品速冻的原理。

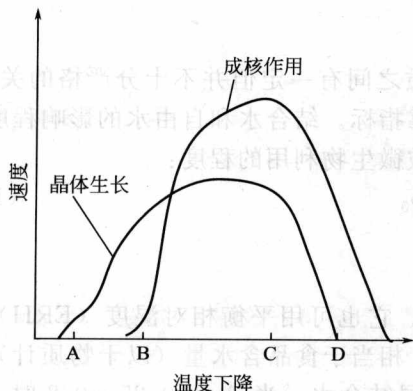


图 1-1 冰晶形成机理

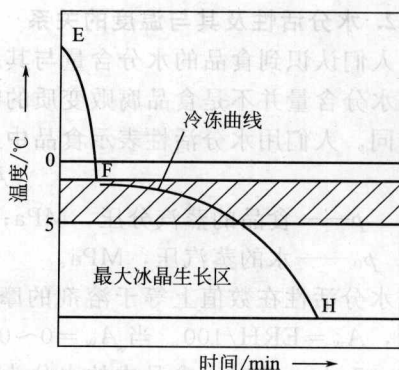


图 1-2 冷冻曲线示意图

相反,缓慢冻结,通过最大冰晶生长区温度范围的时间长,形成的冰晶体积大,数量少,分布不均匀,主要集中在细胞间隙,使细胞内电解质物质向中心浓缩,水分大量外析,解冻后汁液流失,使冻结食品质地、风味、色泽劣变。同时,由于产生浓缩现象,使食品内部有未冻结的核心存在,而残留水中高浓度溶液的存在是部分冻结食品变质的主要原因。

动植物组织是由无数细胞所构成。细胞内的水分与细胞间隙之间的水分由于其所含盐类等物质的浓度不同,冻结点也有差异。当食品温度降低时,冰结晶首先在细胞间隙中产生。如果快速冻结,细胞内外几乎同时达到形成冰晶的温度条件,组织内冰层推进的速度也大于水分移动的速度,食品中冰晶的分布接近冻前食品中液态水分布的状态,冰晶呈针状结晶体,数量多,分布均匀。如果缓慢冻结,冰晶首先在细胞外的间隙中产生,而此时细胞内的水分仍以液相形式存在。由于同温度下水的蒸汽压大于冰的蒸汽压,在蒸汽压差的作用下,细胞内的水分透过细胞膜向细胞外的冰结晶移动,使大部分水冻结于细胞间隙内,形成大冰晶,并且数量少,分布不均匀。冻结速度与冰晶形状的关系参见表 1-1。由于食品冻结过程中因细胞汁液浓缩,引起蛋白质冻结变性小保水能力降低,使细胞膜的透水性增加。缓慢冻结过程中,因晶核形成数量少,冰晶生长速度快,所以生成大冰晶。水变成冰体积要增大 9% 左右,大冰晶对细胞膜产生的胀力更大,使细胞破裂,组织结构受到损伤,解冻时大量汁液流出,致使食品品质明显下降。而快速冻结时,细胞内外同时产生冰晶,晶核形成数量多,冰晶细小且分布均匀,组织结构无明显损伤,解冻时汁液流失少,解冻时的复原性好,所以快速冻结的食品比缓慢冻结食品质量好。

表 1-1 冻结速度与冰晶形状的关系

冻结速度(通过 -5~0℃的时间)	冰结晶				冰层推进速度(I) 水分移动速度(W)
	位置	形状	大小(直径×长度)	数量	
数秒	细胞内	针状	(1~5)μm×(5~10)μm	无数	I>W
1.5min	细胞内	杆状	(0~20)μm×(20~50)μm	多数	I>W
40min	细胞内	柱状	(50~100)μm×100 以上 μm	少数	I<W
90min	细胞外	块粒状	(50~200)μm×200 以上 μm	少数	I<W

2. 水分活性及其与温度的关系

人们认识到食品的水分含量与其腐败变质之间有一定但并不十分严格的关系。总的水分含量并不是食品腐败变质的唯一可靠指标。结合水和自由水的影响程度不尽相同。人们用水分活性表示食品中水分可被微生物利用的程度:

$$A_w = p/p_0 \quad (1-2)$$

式中 p ——食品的蒸汽分压, MPa;

p_0 ——水的蒸汽压, MPa。

水分活性在数值上等于溶剂的摩尔分数。它也可用平衡相对湿度 (ERH) 来表示, $A_w = \text{ERH}/100$ 。当 $A_w = 0 \sim 0.25$ 时, 相当于食品含水量 (以干物质计) 为 $0 \sim 0.07\text{g/g}$, 此时, 食品中的水分为单分子层结合水。当 $A_w = 0.25 \sim 0.8$ 时, 相当于食品含水量 (以干物质计) $0.07 \sim 0.33\text{g/g}$, 水分多为多分子层结合水。 $A_w =$