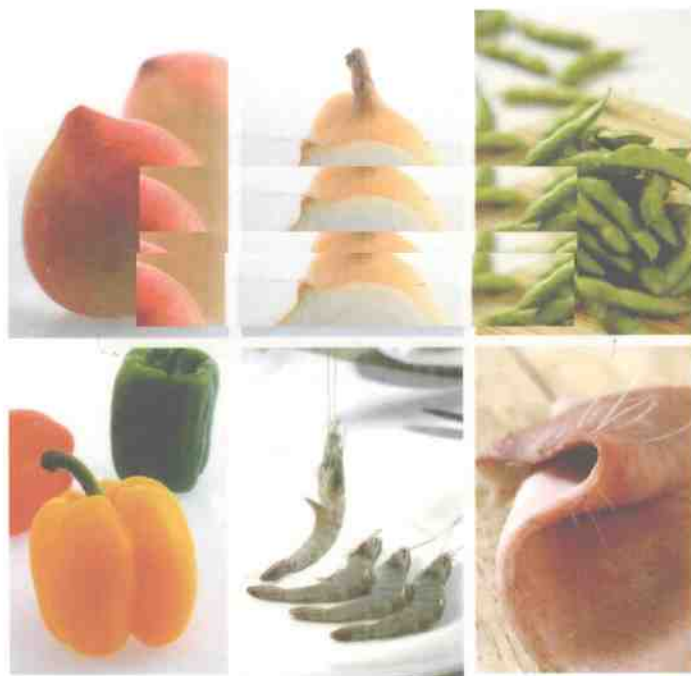


江南大学 学术专著出版基金资助项目

速冻生鲜食品 品质调控新技术

sudong shengxian shipin pinzhi tiaokong xinjishu

张慊 著



中国纺织出版社

江南大学学术专著出版基金资助项目

速冻生鲜食品品质调控新技术

张慇 著

中国纺织出版社

ISBN 7-5066-4111-1

定价：35.00元

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）

（CIP）



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书内容分上下两篇,上篇为速冻生鲜食品品质调控新技术总论。主要介绍了生鲜食品速冻的发展概况;生鲜食品速冻原理及其加工品质调控新技术;速冻前处理、速冻工艺、冻后处理等工艺过程的品质调控;果蔬、水产品、肉禽蛋、调理生鲜食品的速冻特点及加工品质调控适用技术。下篇为速冻生鲜食品品质调控新技术研究实例,论述了生鲜食品冻前预处理、速冻过程、速冻后冻藏、解冻品质调控新技术的研究实例。

本书可供高等院校食品工程、农产品加工工程及食品加工专业的研究生和高年级本科生以及研究院(所)和企业的研究及开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

速冻生鲜食品品质调控新技术/张慇著. —北京:中国纺织出版社,2010.8

ISBN 978-7-5064-6403-1

I. ①速… II. ①张… III. ①速冻保鲜:食品保鲜—质量控制 IV. ①TS205.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 076897 号

策划编辑:于 伟 秦丹红 责任编辑:于 伟

责任校对:楼旭红 责任设计:李 歆 责任印制:周文雅

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号 邮政编码:100027

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:16.25

字数:326 千字 定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

生鲜食品速冻技术一直是国内外广泛研究的热门课题,也是我国生鲜食品加工的重点领域之一。国家对食品速冻技术的发展非常重视,“十五”期间,包括“名特优蔬菜速冻加工关键技术与设备研究开发”、“食用菌加工技术升级与创新产品开发研究”在内的农产品深加工项目被国家科学技术部列为国家重点科技专项,本书作者江南大学食品资源开发与综合利用研究中心主任、博士生导师张慇教授也承担了重点项目“食用菌加工技术升级与创新产品开发研究”之子课题“控制速冻食用菌品质的关键技术研究”(2008BADA1B05-2)。但此类书籍偏少,专著更是少见。

多年来,由本书作者张慇教授牵头,联合多家国内龙头企业开展速冻生鲜食品品质调控新技术的研究和技术开发,在国内外著名刊物上发表生鲜食品速冻品质调控研究论文 20 多篇,申请的 7 项国家发明专利获得授权;其核心成果“果蔬冻前保鲜、速冻、冻藏、解冻品质调控关键技术研究及应用”经省部级鉴定达到了国际先进水平,并在 2008 年获中国商业联合会科技进步一等奖,取得了可喜的成果。

本书是一本凝集了作者多年来在生鲜食品速冻领域研究成果的专著。其中论及的玻璃态速冻和冻藏、超声波速冻、真空渗透冻前处理、微波—超声波联合解冻、液氮深冷速冻等先进的速冻品质调控相关技术对我国生鲜食品速冻领域的理论研究和先进技术的推广将起到非常积极的作用。

期待本书的出版将进一步丰富我国在生鲜食品速冻领域的基本理论和生产新技术,同时为有关高校、研究院(所)和企业的研发人员以及高等院校食品专业的研究生、高年级本科生提供一本具有参考价值的专著。

江南大学食品学院 姚惠源

2009 年 8 月

前言

速冻生鲜食品特指采用速冻方法冻结后低温冷藏(冻藏)的生鲜食品。如今在国内外市场上看到的速冻生鲜食品可大致分为果蔬类、水产类、肉禽蛋类、调理方便类等四大类。由于速冻方法所产生的低温效应能有效抑制腐败微生物的活动和食品本身酶的活性,使生鲜食品能够长期保藏,因而此法在易腐生鲜食品的生产、运输和贮藏过程中得到广泛应用。由于对加工原料的新鲜度有严格的要求,因此有“速冻生鲜食品比市场中的新鲜食品还要新鲜”的说法。由于速冻形成的冰晶小,因此解冻后可保持生鲜食品原有的新鲜状态和风味,可最大限度地延长保存期,使营养成分的损失减少到最小限度。总之,速冻生鲜食品具有营养、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。

为了加快我国生鲜食品速冻品质调控新技术的开发和产业化,江南大学与海通食品集团、苏州浦氏蟹王水产有限公司等国内生鲜食品速冻加工龙头企业合作,通过依托国家星火项目和苏州市科技攻关项目,开展了卓有成效的紧密型产学研合作,从而促进了相关科研成果的快速转化。本书的专题研究实例部分就是上述科研活动的产物。笔者率领的课题组已在国际著名 SCI 刊物上发表生鲜食品速冻品质调控研究论文 12 篇,授权国家发明专利 7 项,所研究的生鲜食品速冻加工项目也通过了部级鉴定,其核心成果达到了国际先进水平,并获得了中国商业联合会科技进步一等奖。所承担的有关项目实践和得到的相关研究成果为本书的专题研究实例提供了第一手素材。

食品加工学是食品工业的支柱学科,它既是基础学科,又是应用学科。随着国民经济的持续高速发展,食品加工学在食品工业发展中的地位和重要性日益显著。包括生鲜食品速冻在内的食品加工品质调控新技术是属于食品加工学的一个学科分支,是当前国际上发展迅速的食品研究新领域。由于生鲜食品速冻产业发展较为迅速,且涉及的学科面较广,因此目前国内外尚无系统论述其理论和机理研究方面的专著。而由于研究领域的边缘性特点,建立其技术理论体系并非易事。这方面的书籍非常缺乏,这成为写作本书的初衷。本书尝试在多学科相关前沿理论应用的基础上,在生鲜食品速冻品质调控研究的基础上建立其理论体系并进行示范,预计有显著的学术及应用价值。

与其他同类书籍相比,本书在学术思想上更强调应用学科间的相互渗透、相互交叉的研究和写作思路。在内容范围上,采取按生鲜食品冻前处理、速冻、冻藏、冻后处理等全过程进行分类研究,打破传统学科间的界限,扩大了视角和范围,尝试建立新型的生鲜食品速冻新技术体系。在结构体系上,本书采用“两个结合”,即:通用研究理论和具体专题研究方法相结合,通过处理手段和机理探讨的融会贯通,使不同加工过程的品质调控实现有机结合。在写作特点上,采用了原理和方法提出与专题研究举例印证的写作方法,使读者易理解本书的观点和所采用的方法,具有举一反三的作用。

本书从研究到酝酿出版花费了整整10年时间,在此期间速冻研究带给了笔者所在团队许多令人振奋的挑战,也大大加深了我们对生鲜食品速冻难度的认识。本书中相关研究实例承担者或参与者有历年来参与生鲜食品速冻课题研究的江南大学食品资源开发与综合利用研究中心的研究生,主要有陈德慰(博士)、段振华(博士)、李淑媛(硕士)、张素文(硕士)、许韩山(硕士)、赵家丽(硕士)、马海燕(硕士)、江玲(硕士)、周运华(硕士)、励振(硕士)、黄略略(博士生)、沈万兴(硕士生)、黄俊丽(硕士生)等,在此一并表示谢意;笔者非常感谢江南大学学术专著出版基金对本书的资助;同时还要特别感谢姚惠源教授在百忙中为本书写“序”;最后,笔者也感谢中国纺织出版社责任编辑于伟女士的大力协助。

本书可供高等院校食品工程、农产品加工工程及食品加工专业的研究生和高年级本科生以及研究院(所)和企业的研究及开发人员参考。由于笔者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请读者批评指正。

著者

2010年2月

上篇 生鲜食品速冻品质调控新技术总论

第一章 绪论	2
第一节 速冻生鲜食品的概念、历史及国内外发展概况	2
第二节 我国生鲜食品速冻业存在的差距和发展对策	5
第三节 国内外速冻生鲜食品品质调控新技术的研究进展	8
第二章 生鲜食品速冻原理及其加工品质调控新技术	16
第一节 速冻原理及其优越性简介	16
第二节 生鲜食品的化学成分、品质劣变及其冻藏原理	21
第三节 生鲜食品的典型速冻品质调控新技术简介	28
第三章 生鲜食品速冻全过程品质调控新技术	40
第一节 生鲜食品速冻工艺过程的概念和发展	40
第二节 生鲜食品速冻前处理工艺过程的品质调控	41
第三节 生鲜食品速冻工艺过程的品质调控	47
第四节 生鲜食品冻后处理过程的品质调控	52
第四章 典型生鲜食品分类速冻特点及加工品质调控适用技术	69
第一节 果蔬速冻特点及加工品质调控适用技术	69
第二节 水产品速冻特点及加工品质调控适用技术	75
第三节 肉禽蛋产品速冻特点及加工品质调控适用技术	87
第四节 速冻调理生鲜食品特点和加工品质调控适用技术	102

下篇 速冻生鲜食品品质调控新技术研究实例

第五章 生鲜食品冻前预处理品质调控新技术研究实例	108
第一节 漂烫预处理调控冻结西兰花品质的研究实例	108
第二节 臭氧水和超声波冻前处理西兰花品质调控新技术研究实例	111
第三节 绿茄子速冻相关酶性质与质构关系的研究实例	116

第四节	蒲菜速冻前热烫灭酶的研究实例	119
第五节	微波和高温蒸汽冻前处理对速冻香菇品质 调控的研究实例	124
第六节	速冻毛豆漂烫预处理研究实例	128
第七节	生冻大葱速冻前臭氧和超声波联合杀菌研究实例	132
第八节	毛豆速冻前超声波热处理灭酶研究实例	138
第六章	生鲜食品速冻过程品质调控新技术研究实例	143
第一节	西兰花部分玻璃态速冻过程研究实例	143
第二节	生冻萝卜浆速冻期间微生物控制的研究实例	150
第三节	超声波辅助浸渍速冻毛豆的研究实例	154
第四节	部分玻璃态冻结对西兰花品质调控的研究实例	163
第五节	糖处理对猕猴桃块速冻品质调控的研究实例	165
第六节	冻结方式对大闸蟹肉特性及品质调控的研究实例	171
第七章	生鲜食品速冻后冻藏品质调控研究实例	179
第一节	冻结红薯片的玻璃化冻藏品质比较研究实例	179
第二节	冻结猕猴桃块的玻璃化冻藏品质比较研究实例	184
第三节	控制速冻小松菜冻藏期内褪色的研究实例	190
第四节	控制速冻红薯片冻藏中酶致褐变的研究实例	195
第五节	超声波处理的毛豆仁冻藏过程中品质变化 动力学模型研究实例	206
第六节	部分玻璃态冻藏和普通冻藏对西兰花品质 调控的比较研究实例	212
第七节	冻藏期间反复冻融对速冻香菇品质调控的研究实例	220
第八章	速冻生鲜食品的解冻品质调控研究实例	223
第一节	部分玻璃态冻藏后解冻对西兰花品质调控 的研究实例	223
第二节	速冻橄榄的解冻色泽调控研究实例	228
第三节	速冻红薯片解冻品质调控的研究实例	231
第四节	解冻大闸蟹品质调控的研究实例	234
参考文献		249

上篇

生鲜食品速冻品质调控新技术总论

第一章 绪 论

第一节 速冻生鲜食品的概念、历史及国内外发展概况

冻结食品(Frozen foods)是指采用速冻或慢冻方法冻结后冷藏的食品。而速冻食品(Quick-frozen foods)则特指采用速冻方法冻结后低温冷藏(冻藏)的食品。如今在国内外市场上看到的速冻生鲜食品可大致分为果蔬类、水产类、肉禽蛋类、调理类等四大类。速冻生鲜食品已占速冻食品总体的80%以上。由于速冻方法所产生的低温效应能有效抑制腐败微生物的活动和生鲜食品本身酶的活性,使生鲜食品能够长期保藏,因而此法在易腐生鲜食品的生产、运输和贮藏过程中得到了广泛应用。由于速冻对加工原料的新鲜度有严格的要求,因此有“速冻食品比市场中的同类生鲜食品还要新鲜”的说法。由于速冻形成的冰晶小,因此解冻后可保持生鲜食品原有的新鲜状态和风味,可最大限度地延长其保存期,使其营养成分的损失减少到最小限度。总之,速冻生鲜食品具有营养、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。

人们利用低温条件来保藏生鲜食品的历史,可以追溯到古代。早在公元前一千多年,我国人民已经开始利用天然冰雪来贮藏生鲜食品,但冻结生鲜食品的产生则起源于19世纪上半叶冷冻机的发明,而近几十年发展迅速的速冻生鲜食品则归功于制冷装置的新突破,如利用液态氮、液态二氧化碳、液态特种氟利昂直接喷洒冻结,使冻结温度大大降低,冻结速度大大提高。

在20世纪初,为了更好地保存食品,人们开始进行冻结食品的研究和试验,并开始建立冻结食品厂。到20世纪30年代,出现了带包装的冻结食品,随后由于家用电冰箱的出现,冻结食品开始进入市场和家庭。第二次世界大战中由于军需,极大地促进了美国冻结食品业的发展。战后,美国在50年代首先研制出速冻食品,以冻结浓缩橙汁为标志的速冻食品也开始问世。以后,随着速冻技术和配套设备的不断改进,速冻预制品的出现以及耐热复合塑料薄膜包装袋和高效快速解冻设备的研制成功,使速冻食品业在国际上成为方便食品和快餐业的支柱行业。从六十年代初起,国外的冻藏链已在流通领域形成,各种速冻食品逐步进入超市。速冻食品在超市中的摊位也日益扩大,品种迅猛发展,从速冻肉、禽、水产品发展到速冻蔬菜、果汁及品种繁多的速冻调理食品。随着科技的发展,在速冻加工技术上出现了整体冻结向小块或颗粒冻结发展的趋势。

一、国际上生鲜食品速冻业的发展概况

速冻生鲜食品具有调节食品的供应季节和地区的作用,不仅能够降低原料消耗及能耗,也

可减少由于加工所带来的污染。在餐饮业,采用速冻面团还可大大节省加工步骤和能源。因此,速冻生鲜食品在世界各国越来越受到重视。

在发达和中等发达国家,速冻生鲜食品已在人们的食物结构中占有相当大的比例,据统计,近年经济状况较好的国家和地区速冻食品人均年消费量均在 10kg 以上。据统计,1995~2005 年 10 年中美国在速冻食品方面的消费量基本稳定,而欧洲和日本还有增长。据 2005 年统计,全世界速冻食品产量已达 6000 万吨,品种多达 3500 多种。其贸易量近期以年均 10%~30% 的速度递增。据专家预测,未来 10 年中,世界速冻食品的消费量将占全部食品的 50%~60%。

近二十年来,各国的低温冷库吨位数都有一定程度增长。例如美国在 1983 年的冷库总容量为 1000 万吨,而 2003 年时仅低温冷库就增加到 1500 万吨,每年平均增建 25 万~30 万吨。日本在 1983 年时的冷库容量为 940 万吨,到 2003 年增到 1180 万吨,每年平均增建 12 万吨。目前世界上冷库总容量在 200 万吨以上者,已有十几个国家。

二、我国生鲜食品速冻业的发展概况

1. 我国速冻生鲜食品业的现状及发展

我国的速冻生鲜食品业起步于 19 世纪 70 年代,当时是为外贸提供速冻蔬菜,速冻蔬菜的生产主要集中在山东、江苏、浙江、广东、福建等东南沿海地区,销往 28 个国家和地区。到了 80 年代初期,速冻面食、面点也开始出口,同时速冻饺子、包子在几个大城市出现。随着家庭电冰箱和微波炉的普及,开口冰柜的使用,流通和消费的冷藏链有了雏形,都市人对速冻食品有了一定的认识,速冻食品在市场上逐渐被消费者看好。目前速冻生鲜食品已成为中国城市消费者日常饮食生活不可缺少的一部分,并日益成为城市家庭的主流食品之一。

近 20 年来我国速冻生鲜食品的产量增长较快,1988 年以生产速冻蔬菜为主的速冻生鲜食品产量仅 3 万吨,2000 年,以速冻蔬菜、速冻调理食品、速冻水产、速冻畜禽为主的速冻生鲜食品的产量首次突破 1000 万吨,而到了 2008 年,速冻生鲜食品产量达到 1500 万吨,年销售额已接近 500 亿元人民币。目前,该行业已发展成为品种多样、规模较大的食品制造业之一。全国拥有速冻食品生产企业 2000 余家,具有亿元销售量的速冻食品企业约 50 家,已形成十多个著名品牌(占到市场 40% 以上的份额),年产量约 1500 万吨,速冻食品品种达 400 多个,人均产量达 10kg,近十年的年增长速度达 20%,超过了食品行业每年 11%~12% 的平均增幅。从行业发展的宏观角度看,速冻食品产业已成为一些以农牧业为主的内陆地区经济发展的主要支柱产业。

据预测,到 2015 年,我国速冻食品将达到年产 3000 万吨,品种达 1500 余种,速冻食品的总产值将超过 1000 亿元,将成为食品工业中举足轻重的支柱产业。但与发达国家相比,我国速冻食品的人均消费量还较低,具有相当大的发展空间。

2. 速冻及冻藏技术在我国的发展及趋势

速冻食品工业是当今世界上发展得最快的工业之一。由于生产的发展,人们生活水平的

提高,因而对于食品的质量要求越来越高。正是由于社会的需要推动了速冻食品工业的发展。

我国的速冻技术发展得益于19世纪80年代初的外贸导向作用。由于当时罐头行业不景气,国内的一些大型罐头厂如福州罐头厂、厦门罐头厂、青江罐头厂等,考虑生产速冻食品来补充生产上的缺口,引进了一些速冻设备,生产一些供出口的速冻蔬菜和水产品,摸索到一些合理的生产工艺。到80年代后期,随着国内科研和生产部门对连续式速冻机的研制和开发,为速冻设备国产化铺平了道路,速冻设备从无到有,从小到大,从仿制到自行设计。并研究了各种生鲜食品速冻过程中的各种工艺参数的变化对产品品质的影响规律,使我国的生鲜食品速冻技术有了较快的发展。近年来在制冷机械和设备方面,许多新工艺、新技术、新产品相继出现,已呈现出蓬勃发展的势头。

为了指导迅猛发展的速冻食品的生产,国内贸易部在1988年批准了GB/T 8863—88《速冻食品技术规程》、GB/T 8864—88《速冻菜豆》、GB/T 8865—88《速冻豌豆》三个国家标准;2003年国家标准化委和卫生部颁布了GB 19295—2003《速冻预包装面米食品卫生标准》;2008年国家标准化委又颁布了GB/T 27302—2008《食品安全管理体系 速冻方便食品生产企业要求》、GB/T 27307—2008《食品安全管理体系 速冻果蔬生产企业要求》、GB/T 10471—2008《速冻水果和蔬菜 净重测定方法》、GB/T 10470—2008《速冻水果和蔬菜矿物杂质测定方法》四个新的速冻食品国家标准。

在冻藏设施方面,近年来随着工农业生产和对外贸易发展的需求,我国的低温冷藏库迅速发展起来,遍及全国各大中城市及沿海口岸。到2003年年底,我国冷藏库总数达7500多座,冷藏容量达1000多万吨,可提供各种速冻食品来满足城乡人民的需要。为了管好、用好、维护好现有冷库,促进食品企业进入市场提高竞争能力,国家标准委在2001年特制订了GB 50072—2001《冷库设计规范》。

在人才培养方面,一些高等学校先后开办了制冷专业,开设了食品速冻加工和冷藏课程,培养专门人才,各种中专、技校及短期培训班更是雨后春笋般兴办起来,总体来说,我国制冷和食品速冻工业正沿着健康的道路蓬勃发展。

在高品质冻结技术方面,以冻前处理、速冻、冻藏、解冻等关键新技术均衡发展为核心的技术体系已经建立,并出现各个方面齐头并进的发展趋势。

在冻前处理方面,从传统的灭酶、护色等烫漂处理到新近开发的提高玻璃态转变温度的真空渗糖处理和超声波处理,对冻结和冻藏品质的改善非常显著;在速冻方面,从传统的氟利昂、氨普通制冷到液态氮、液态氟利昂、液态二氧化碳直接喷洒为代表的深度制冷,实现了冻结和冻藏品质的大幅度改善;在冻藏方面,从普通 -18°C 商业标准冻藏到玻璃态冻藏,使冻藏的生鲜食品实现了稳定的高品质;在解冻方面,从传统慢速的热水、热风解冻到高效、快速的微波、电阻解冻,实现了速冻生鲜食品在食用时达到高品质。

总之,通过速冻相关新技术的发展,我国的生鲜食品速冻技术正处在一个围绕提高食品质量和提高效率为中心的迅速发展阶段。

第二节 我国生鲜食品速冻业存在的差距和发展对策

一、生鲜食品速冻行业存在的差距

国家对农产品加工业的发展非常重视,从“六五”到“十一五”,生鲜食品速冻领域内有关课题就不断被列为国家和各级政府的科技攻关项目,高等院校与生鲜食品速冻龙头企业也建立了长期合作关系,近十年来,速冻新技术的开发与应用突飞猛进。但实事求是地讲,我国生鲜食品速冻业的技术水平和行业应用程度与发达国家相比,还有相当差距。

与国外的差距具体表现在如下几个方面。

1. 原料方面差距

与其他生鲜食品加工相比,速冻生鲜食品更要求建立优质的、运输便利快捷、供加工专用的基地,但我国的速冻企业目前仍以收购为主。在原料产地采用机械化收割和包装的水平还很低。针对国际市场,原料种植结构有待调整。如:我国生产的速冻蔬菜品种除芋仔外,国外市场很大的豌豆、甜玉米、马铃薯等大品种生产量很少。对国际市场上交易量可观的速冻水果市场和速冻浓缩果汁市场缺乏相应的研究和介入。

近20年来速冻蔬菜出口需求量很大,有些地方盲目建厂生产,在总体考虑中缺乏长远的战略眼光,没有稳定的、品种优良的农副产品生产基地。因此在目前的外贸中仍以生产速冻原料型食品出口为主,技术含量和效益较低,给外商压价收购提供了条件。

2. 加工机理和工艺研究方面差距

我国生鲜食品速冻业在加工机理和工艺的研究方面是非常匮乏的。由于对速冻生鲜食品的质量要求越来越高,国外对生鲜食品在速冻及随后的冷藏过程中的变化格外重视,研究也非常深入。尤其值得注意的是国外在深温速冻对物料的影响方面,已有较深入的研究,对一些典型物料“玻璃态”温度的研究通过建立数据库,已转入实用阶段。

3. 速冻生产质量管理方面差距

速冻生鲜食品的速冻时间和冻结速度应从定性和定量两个方面来加以控制,使速冻食品能最大限度地保持天然食品原有的新鲜度、色泽风味和营养成分。而目前国内一些中小企业不具备速冻所需的设备和技术,盲目上马,使速冻变成慢冻,产品质量可想而知。

发达国家一般按严格规范进行生产,尤其为了防止杂物(如虫子、头发、金属丝等)混入,采用了多种严格的检验措施。速冻工艺也出现了向各种生鲜食品专门化方向发展的趋势。

4. 速冻设备、冷源和低温冷库的研制和开发方面差距

国内科研和生产部门对小型连续式速冻机的研制和开发,为速冻设备国产化铺平了道路,传统的速冻间被紧凑的各种速冻设备所代替。但目前国产速冻设备仍以传统的压缩制冷机为冷源,虽具有安全可靠、成本低等优点,但其制冷效率有很大限制,要达到深冷就比较困难。国外发达国家为了提高制冷效率和速冻品质,已大量采用新的制冷方式和新的制冷装置。以液态氮、液态氟利昂、液态二氧化碳直接喷洒的制冷装置已广泛运用到速冻机中。这些制冷装置可

使温度降到比氨压缩机低得多的深冷程度。正是因为这些新的制冷装置的出现,使生鲜食品超低温冻结成为可能,从而大大地提高了冻结食品的质量,开启了冻结工艺的革命。

在低温冷库(冻库)技术方面,我国目前虽然已具备冷库单层化、预制装配化、冷库趋于低温大型化、空气冷却器替代冷却排管、冷库隔热趋向泡沫塑料化等先进技术,但与发达国家相比,在冷库的控制技术方面还有不少差距,如:库内搬运大多仍为人工,而发达国家大多已机械化,库内货物进出模式未能优化,制冷性能受压缩机限制等。

5. 解冻技术方面差距

解冻方法对速冻生鲜食品的食用质量有重要的影响,但国内对此开展的研究较少,而在发达国家,随着一些新技术的逐渐应用对微波解冻、欧姆解冻、远红外解冻等机理研究和技术开发较为热门。

6. 冷藏链建设方面差距

面对日益扩大的速冻食品生产和消费,我国冻藏链一直以来是滞后发展,冻藏贮运容量明显不足。从而使速冻产品的产销出现不必要的品质波动。在发达国家,速冻容量与冷藏贮运容量的比例约 2:1,而我国的比例约为 4:1。从宏观上讲,冻藏链的最终形成需要国家资金的投入,形成生产、加工、流通、消费一条龙运作,以保证原料供应及产品的冻藏质量,使速冻食品业尽快与国际市场接轨。

7. 重视和投入程度方面差距

美国农业总投入的 30% 用于产前,70% 用于产后加工。包括速冻在内的农产品产后加工产业的产业化率在意大利、荷兰为 60%,西欧等其他国家为 50% 左右,产后产值与采收时自然产值之比,美国为 3.7:1;日本为 2.2:1;而我国仅为 0.38:1。

目前,我国在生鲜食品速冻研究投入方面存在的问题有:政府投入研究的经费远远不能满足产业发展的需要,很多企业将研发经费看成过重的开支,削减研发预算以减少开支。科研经费的长期不足是制约新品种速冻机理和新工艺研究的主要障碍。

8. 存在“重研究、轻应用”倾向,应用研究存在差距

客观地说,我国大多数速冻技术研究存在“从理论到理论”的基础研究特征,显示了特有的“闭环”特点。然而这个模型对于工程和技术领域来说,是不理想的。“科学家为学术而搞研究”不可能取得对社会有益的技术进步。目前许多大学速冻课题的研究资助来自于政府部门,研究者几乎没有任何想在企业界寻找合作伙伴的动机。对于这些研究来说,发表研究论文以及期望增加论文的被引用次数成了研究的主要目标,因为这正是资金资助部门评价他们完成资助项目好坏的标准。由于食品速冻技术实际上是一个应用领域,如果没有最后在工业上得到开发应用,其科研的结果就没有太大价值,也很难得到实践验证,这对我国食品速冻业的长远发展是不利的。

二、我国生鲜食品速冻业的发展对策

1. 加强原料基地建设

应建立科、工、农、贸联合的速冻生鲜食品品种研究机构,引进国际上成熟的速冻热门新品

种,并利用生物技术改良已有品种,开发和培养适宜速冻的大品种。尤其令速冻界感兴趣的是尽快培育出“玻璃态”温度相对高的品种,使高品质的速冻产品在普通速冻机及冻藏条件下得以实现。

建立相应稳定的绿色原料基地。由于速冻要求从收获到加工的时间间隔极短(24h以内),因此在原料基地要推广采用机械化处理和包装。

2. 针对性地研究生鲜食品速冻的共性和特殊性,重视与速冻相关的前沿技术

从生鲜食品速冻的一些基础性的机理着手研究,得出一些通用的速冻规律,为开发通用性强的高效速冻设备提供技术基础。

生鲜食品速冻后的主要变化有维生素损失、蛋白质变性、色泽变化以及质地(如嫩度、鲜味和含水量)的变化等。运用电镜等先进的测试技术开展对速冻生鲜食品大品种的组织超微结构的观察、比较和分析研究,以确定各种物料在不同温度、不同冻结和冷藏时间中的变化规律,据此确定物料在各个速冻阶段的最佳工艺。

虽然 -18°C 是速冻食品行业公认的温度标准,但对某些特殊冷敏品种,更低的温度有利于其品质的保持。应进一步深入地研究深度低温速冻过程中的各种工艺参数的变化对这些特殊冷敏品种品质的影响规律,并开展对速冻生鲜食品“玻璃态”温度的试验研究,建立我国大品种生鲜食品“玻璃态”温度的数据库。使我国的高档速冻生鲜食品的品质档次上一个台阶。

另外,还应开展各种新型生鲜食品品种的速冻工艺研究,开发生鲜食品速冻新品种。现阶段要跟踪国际研究前沿,一方面要注意各种具有功能性组分的速冻产品的研究;另一方面要注意纳米技术在内的“极限胁迫工程技术(Extreme Engineering Technology, EET)”领域。

3. 加强速冻生产质量管理

由高校、商检和卫检部门联合建立专门的培训中心,定期对出口速冻生鲜食品企业的质检人员进行轮训,帮助企业进行集约化经营和管理,逐步建立良好的作业规程,即所谓的 GMP (Good Manufacture Practice),对加工过程实行 HACCP 管理。

4. 加快速冻设备和冷源的研制和开发

我国随着炼钢业的发展,对氧的需求量成倍增长,作为制氧业副产品的液态氮的价格迅速趋于下降,因此液态氮制冷装置的应用前景是乐观的。目前的重点是加快开发生产效率高(5t/h 以上)的连续螺旋式速冻机、超低温液氮和二氧化碳喷淋式速冻机以及配套的预冷设备。

5. 开展解冻新技术的研发和冻藏链建设

研究快速解冻的新方法,重点研究国外已有广泛应用的微波解冻、远红外解冻和欧姆解冻技术,并在此基础上研制 2t/h 以上的大型解冻机以满足食品配料工业的需要。

应大力发展冻藏贮运容量,提高其在冻藏链中的比例。在 2015 年应向速冻容量与冷藏贮运容量的比例 2:1 的目标努力。

6. 大力推广“长效产学研”的研究模式以弥补投入不足

在目前的研发体系结构下,我国必须大力推广“产学研”相结合的道路,才能弥补政府投入不足,尤其值得推广的研究模式是长期在同一领域的“产学研”合作模式(长效产学研模式),既可利用产业资金加快生鲜食品加工领域的创新研究,也可增强成果转化的能力。如果上述模式

应用得当的话,在速冻领域的研发必定产出更好的工艺和产品,并最终增加企业的利润和产品的核心竞争力。

值得一提的是,为提升企业研发水平和核心创新力,江南大学与海通食品集团在政府的大力支持下依托江南大学“食品科学与工程”国家重点学科和海通食品集团国家级技术中心成立了“食品加工新技术”联合研究所,建立了“长效产学研”的研究模式,9年来共同承担多项政府资助项目,并针对行业前沿技术难题展开研究,在10多个主流品种生鲜果蔬的高品质速冻技术研究中取得了很大的成绩,开发了玻璃态速冻、超声波速冻、真空渗透冻前处理、微波+超声波联合解冻、液氮深冷速冻等高品质速冻新技术。培养了10多名包括博士、硕士在内的高级研究人才;申请了17个国家发明专利,其中授权8项;共同研发的领先技术在国际上得到承认,在食品领域主流SCI国际刊物上发表了20多篇论文。联合研究所有2项相关成果通过省部级鉴定,并获得了2008年度中国商业联合会科技进步一等奖。

第三节 国内外速冻生鲜食品品质调控新技术的研究进展

一、生鲜食品超声波辅助提高冻结品质的研究进展

在生鲜食品速冻过程中结合超声波作用可以迅速促进冰晶的形成,从而加速冻结。有研究发现(Acton 和 Morris,1992),将25kHz的脉冲超声波应用于冷冻的蔗糖溶液,每30s一次,持续10min,冰结晶破裂导致冰晶体体积减小。未用超声波处理过的蔗糖溶液,在其10min冷冻过程中,仅32%的水形成了50 μ m以上的冰晶,而用超声波处理过的蔗糖溶液中有77%的水形成了50 μ m以上的冰晶,因此超声波可应用于加速冰核的形成。

Sun Da-Wen等(2003)研究了超声波冷冻对马铃薯的超微结构影响,用25kHz的超声波处理马铃薯块,然后在-18℃冷冻,与不用超声波处理有着明显不同的超微结构。用15.85W的超声波处理马铃薯,不会破坏细胞壁,结构保持较完整,这表明,无论是细胞内、细胞外或是细胞壁上形成的冰晶都非常小。超声波功率为7.34W时,细胞壁明显分离,超声波功率为25.89W时,细胞内外同时形成冰晶,但胞外更显著。比较而言,应用15.85W的超声波功率,可显著提高冷冻马铃薯的质量。

超声波促进冷冻进程中的另一重要作用是超声波产生的强力搅动即微射流在加工过程中可以加速传热传质。Sastry, et. al. (1989年)在研究中发现流体系统中超声波的扰动能明显改善流体热传质系数。许韩山等(2008)发现,在超声波辅助冷冻过程中由于微射流这种加速液体扰动的作用可以及时转移在食品冻结过程中产生的热能并降低固液界面的传质系数,从而提高食品冷冻速率,降低速冻能耗。

Floros 和 Liang (1994年)描述超声波在液体媒介中传播时,由于液体媒介吸收了超声波的声学效应,液体温度会升高。因此在冷冻过程中超声波的热效应必须考虑。随着超声波功率的增强、超声波作用时间的延长、超声波脉冲值的增大这种扰动越激烈,传质、传热系数越高。同时超声波产生的热效应也越大。因此,在速冻过程中采用超声波辅助手段,应合理选择超声

波工艺参数。

许韩山等(2008)研究了超声波处理对速冻毛豆酶活力的影响,得出了适宜的超声波漂烫毛豆的工艺参数;丘泰球等人(1993)研究了超声波对蔗糖溶液结晶动力学的影响规律。赵茜和高大维(1997)将低频超声波应用于味精结晶过程,实验表明超声波可减弱分子间作用力,降低溶液黏度,获得细小而均匀的晶体物质,只有当其温度低于自身熔点时才会发生结晶。

Bing Li等(2003)采用 25kHz、15.85W 的超声波结合浸渍冷冻马铃薯条。与普通浸渍冷冻加工工艺相比较,超声波辅助浸渍冻结工艺的冷冻时间明显缩短。从马铃薯条的冷冻切片观察,冰晶小且分布均匀减小了细胞的机械损伤。同样,Zheng LY等(2005)也采用超声波作为冷冻辅助手段来提高食品的冻结速率。

和其他辅助方法相比,超声波用于辅助加速冻结过程具有三个方面的优点:第一,效率高,一或两个脉冲就能达到要求;第二,可以改变液体的最初成核温度;第三,它不直接和食品接触。因此,超声波辅助冻结目前已成为研究热点之一。

二、生鲜食品玻璃态冻结和冻藏研究进展

目前,玻璃态温度下冻藏食品的研究越来越受到关注。因为果蔬中的含水量很高,所以不能实现完全的玻璃化,此时为部分玻璃化状态,其玻璃态转化温度用 T_g' 表示。纯水的 T_g 约为 -135°C ,而果蔬的高含水量使得 T_g' 很低,液态冷却是否形成玻璃态,主要取决于动力学因素,只要冷却速率足够快,温度足够低,都可以形成玻璃态。例如草莓汁液的 T_g' 为 -42.5°C ,要想在如此低的温度下实现玻璃态冻结,成本会很大,因此如何提高 T_g' 成为玻璃态冻结食品的最大问题。

加入多糖类物质可以提高 T_g' ,如李淑媛等(2006)在猕猴桃中加入麦芽糖,使其可溶性固形物含量达 20% 左右,DSC 测量结果显示,加入麦芽糖后其玻璃态转变温度从原来的 -36.818°C 变为 -31.345°C ,比不加麦芽糖的新鲜猕猴桃提高了 5°C ,提高效果明显。D. Torreggiani 等(2003)在草莓汁中添加了不同的可溶性糖,结果发现添加麦芽糖可以将草莓的 T_g' 提高近 10°C 。虽然如此,但 T_g' 与 -18°C 相比仍然有差距,若能寻求一种方法可将 T_g' 提高到 -18°C 左右,将给实际应用过程带来巨大的经济效益。刘宝林(1996)、晏绍庆(1999)分别研究了草莓的玻璃态贮藏工艺和冻结速率对草莓多酚氧化酶和过氧化物酶活力的影响,而叶秀东(2006)则研究了不同水分含量草莓的 T_g' 和 T_g ,得出了含水率- T_g 的经验公式。

冰淇淋的含水量高达 60% 左右,凝冻前是一种多元溶液,冰淇淋的部分玻璃化转变温度 T_g' 在 $-30\sim-75^{\circ}\text{C}$,而其贮存温度在 -18°C 左右,所以在贮存过程中冰淇淋大多处于橡胶态,在此状态下,结晶、再结晶的速度很大,冰淇淋中有大量的粗冰粒生成,导致口感变得粗糙。为提高其玻璃化转变温度 T_g' ,应改变冰淇淋的配方。华泽钊(1999)建议添加一些能提高其 T_g' 的稳定剂,如分子量较大的多糖,黄原胶、角豆胶、麦芽糊精等来改变冰淇淋的配方。刘宝林等(1996)研究了冰淇淋的玻璃化冻藏,并得出冰淇淋的玻璃化冻藏、运输能防止粗冰粒的形成,最大程度地保护冰淇淋原有的细腻口感。

肌肉组织含有大量的水分,只能实现部分玻璃化转变。宋立华等(2002)研究发现,以汁液