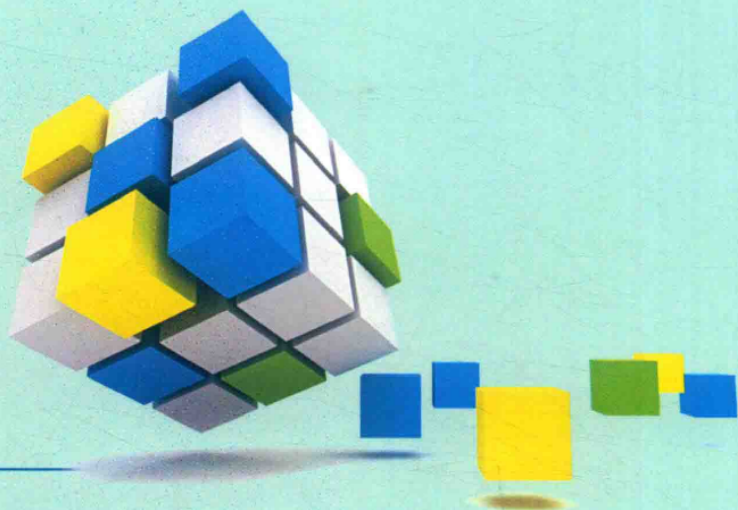




农产品冷链物流技术 原理与实践

张玉华 王国利 主编

Principle and Practice of Cold Chain Logistics
Technology for Agricultural Products

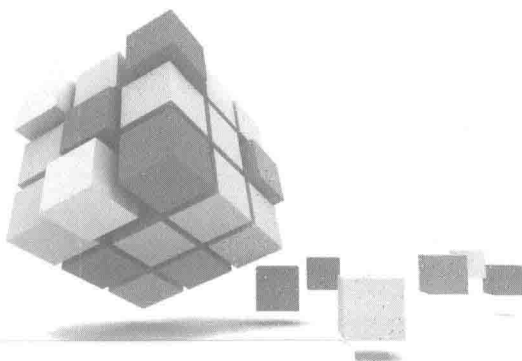


中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

Principle and Practice of Cold Chain Logistics
Technology for Agricultural Products

农产品冷链物流技术 原理与实践

张玉华 王国利 主编



 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

农产品冷链物流技术原理与实践/张玉华,王国利主编. —北京:

中国轻工业出版社, 2018. 12

ISBN 978-7-5184-2140-4

I. ①农… II. ①张… ②王… III. ①农产品—冷冻食品—物流管理

IV. ①F252. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 235851 号

责任编辑: 伊双双 钟 雨 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 砚祥志远 责任校对: 吴大鹏 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: 2018 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 13

字 数: 240 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2140-4 定价: 42.00 元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

170563K1X101ZBW

本书编写人员

主 编：张玉华 王国利

副主编：张长峰 孙崇德 姜沛宏

参 编：程丽林 黄宝生 陈东杰 聂小宝

郭风军 孟 一 于怀智 范志强

序

国务院于2017年4月12日和10月13日分别发布了两个带“链”字的文件，即《关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级》的意见（国办发〔2017〕29号）和《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》（国办发〔2017〕84号），这也是国务院第一次专门针对冷链物流这样一个专业物流业态和供应链创新出台的文件。中国物流与采购联合会相关专业委员会深度参与了两个文件的前期调研和起草。为了更好地贯彻落实党的“十九大”报告提出的“人民健康是民族昌盛和国家富强的重要标志”精神和两个文件提出的具体任务目标，我们特编写了本书。

可以说，从原始人类食物有了剩余后，就有了贮藏保鲜和品控的技术需求，随着商品交换的时空跨度、速度和范围的扩大，为保障农产品贮运移动价值的实现，技术进步一天也没有停止过。2016年，我国从事冷链物流的企业法人单位数量约为3500家，冷链物流岗位吸纳的从业人员超过12万人。但是由于冷（制冷技术）、链（供应链）、物（生物学）、流（贮、运、配）学科的交叉性和边缘性，现有的企业人员岗位设置和知识结构不足以支撑和服务我国巨大市场需求。知识、人才和产业标准体系建设严重滞后，并制约着产业的快速发展。冷链物流三大标准体系的构建，也是一个“政产学研用”“五位一体”相结合，一、二、三产业融合发展和复合型人才培养的过程，对实现国家农业、食品产业供应链战略有着重要意义和作用。

要实现三大标准体系的良性循环，我们首先要有一个知识标准体系，因为在冷链物流高度交叉的学科领域内目前还没有一个相对完善的知识标准体系。首先要建立知识标准体系的研究架构，如品类、时空、装备、工艺、信息、供应链环节业态要素关系的共性基础和分类研究。只有建立相对完善的知识标准体系，才能有效促进复合型人才专业水平的不断提升；人才掌握了相对完善的知识标准体系，才能正确高效地去执行产业标准体系；产业标准体系在实践中逐步完善的进程，又可以对知识标准体系进一步修正、补充和提升。

知识、人才和产业三大标准体系在否定之否定的扬弃上升中，进而实现“冷链物流知识标准”“冷链物流人才标准”和“冷链物流产业标准”三大标准体系的良性循环。

不论是传统商贸冷链、温控物流，还是电子商务的品控物流，最终要回归到优质优价商业价值的实现。农产品商业价值实现，最终要回归到不同品类的品质、卖相和品牌提升，技术、装备和管理都是保障手段，是为了实现其贮运交易价值。所以说，农产品、食品的优质优价是冷链物流的需求基础，透明供应链是优质优价的实现基础，互联网、大数据、云计算、政策环境提供实现安全的温控双向追溯支撑的透明供应链的装备技术及生态圈基础。我们相信，冷链物流的快速发展必将促进我国“从无害消费向品质消费”的跨越，这也是科技工作者面对新时代的责任和担当，人们对美好生活和安全优质食品的向往，就是我们永远的奋斗目标。

本书中的大量数据，都是本领域科技工作者长期艰辛工作的成果，在此，也向他们表示衷心的感谢。

王国利

2018年1月

前 言

近年来，随着农业供给侧结构调整和居民消费水平的提高，农产品的产量和流通量逐渐增加。果蔬、水产和畜禽等生鲜农产品需要通过冷链物流才能最大限度地降低损耗，保持新鲜度，包括色泽、风味和营养品质。冷链物流具有技术集成度高、跨时空、多环节、多业态和学科高度交叉的特点，加强对农产品冷链物流基础知识的认知、开展品控技术装备的研发和探索农产品物流产业的发展规律，是满足农产品流通精准需求，保障食品安全和促进消费升级，实现品质消费的重要举措。

本书基于农产品冷链物流多品类、全链条的技术需求，从理论和实践两方面对冷链物流体系进行构建，旨在为读者提供一个比较系统、全面的农产品冷链物流知识框架和应用范例。全书分为三部分，第一部分介绍了果蔬从“枝头到舌头”全过程的物流基础知识和实用技术；第二部分介绍了水产品流通中的环境控制、病害防治方法、各品类的运输技术要点以及本实验室在水产应用方面的成功案例；第三部分介绍了畜禽产品宰后生物学特性、品质控制方法等基础知识和冷链物流技术。

本书由张玉华、王国利担任主编，张长峰、孙崇德、姜沛宏担任副主编。编写分工如下：果蔬物流技术由姜沛宏、张玉华、程丽林、陈东杰、张长峰、孙崇德、郭风军撰写；水产物流技术由黄宝生、张长峰、聂小宝、张玉华撰写；畜禽肉物流技术由张玉华、孟一、于怀智、范志强撰写。全书由张玉华、姜沛宏、程丽林统稿，王国利审定。

在本书编写过程中参考和引用了国内外同行的部分研究成果，在此一并表示诚挚的感谢！

张长峰

2018年3月

缩略词

2, 4-D	2, 4-dichlorophenoxyacetic acid	2, 4- 二氯苯氧乙酸
CCP	critical control point	关键控制点
PVC	polyvinyl chloride	聚氯乙烯
PE	polyethylene	聚乙烯
PET	polyethylene terephthalate	聚对苯二甲酸乙二醇酯
PPO	polyphenol oxidase	多酚氧化酶
CA	controlled atmosphere	气调
MA	modified atmosphere	自发气调
1-MCP	1-methylcyclopropene	1- 甲基环丙烯
TSS	total soluble solids	可溶性固形物总量
SSC	soluble solids content	可溶性固形物含量
TA	titratable acid	可滴定酸
SOD	superoxide dismutase	超氧化物歧化酶
MDA	malondialdehyde	丙二醛
PME	pectin methylesterase	果胶甲酯酶
PG	polygalacturonase	多聚半乳糖醛酸酶
ABA	abscisic acid	脱落酸
NAA	naphthalene acetic acid	萘乙酸
GA3	gibberellin	赤霉素
IAA	indole acetic acid	吲哚乙酸
BA	6-benzyl adenine	6- 苄基腺嘌呤
POD	peroxidase	过氧化物酶
SOD	superoxide dismutase	超氧化物歧化酶
CAS	cellulase	纤维素酶
CAT	catalase	过氧化氢酶

PAL	phenylalanine ammonia lyase	苯丙氨酸解氨酶
SA	salicylic acid	水杨酸
PVP	polyvinylpyrrolidone	聚乙烯吡咯烷酮
LOX	lysyl oxidase	赖氨酰氧化酶
DPPH	1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl	1, 1- 二苯基 -2- 三硝基 苯肼
LDPE	low density polyethylene	低密度聚乙烯
HDPE	high density polyethylene	高密度聚乙烯
PVA	polyvinyl alcohol	聚乙烯醇
CMC	carboxymethyl chitosan	羧甲基壳聚糖
AsA	ascorbic acid	抗坏血酸
UV-C	ultravioletray-C	短波紫外线
Aw	water activity	水分活度
BHT	2, 6-di-tert-butyl-4-methylphenol	2, 6- 二叔丁基 -4- 甲基 苯酚
BHA	butyl hydroxy anise	丁基羟基茴香醚
ATP	adenosine triphosphate	三磷酸腺苷

1 果蔬篇 / 1

1.1 果蔬物流基础知识 / 3

1.1.1 果蔬冷链物流 / 3

1.1.2 采收 / 3

1.1.2.1 采收原则及注意事项 / 3

1.1.2.2 采收成熟度 / 4

1.1.2.3 采收方法 / 7

1.1.3 预冷 / 8

1.1.3.1 预冷作用及原则 / 8

1.1.3.2 预冷方法 / 8

1.1.3.3 不同果蔬的预冷方式 / 9

1.1.3.4 常见的预冷装备 / 11

1.1.4 商品化处理 / 17

1.1.4.1 分级方法 / 19

1.1.4.2 果蔬包装 / 20

1.1.5 贮藏 / 22

1.1.5.1 呼吸类型 / 22

1.1.5.2 乙烯作用 / 23

1.1.5.3 贮运病害 / 23

1.1.5.4 果蔬保鲜剂 / 26

1.1.5.5 果蔬不混存的原因及混装注意事项 / 26

1.1.5.6 贮藏方式 / 27

1.1.5.7 气调库与冷藏库的特点 / 28

1.1.6 运输配送 / 30

目 录

- 1.1.6.1 运输基本要求 / 30
- 1.1.6.2 运输方式 / 31
- 1.1.6.3 新鲜果蔬运输流向 / 31
- 1.1.7 销售 / 32
 - 1.1.7.1 销售模式 / 32
 - 1.1.7.2 商用果蔬冷藏展示柜 / 33
- 1.1.8 基于 HACCP 的果蔬冷链物流品质安全控制 / 33
 - 1.1.8.1 果蔬冷链物流环节的危害分析 / 34
 - 1.1.8.2 关键控制点确定及其关键限值 / 34
- 1.2 果蔬物流实用技术 / 35
 - 1.2.1 水果 / 35
 - 1.2.1.1 苹果 / 35
 - 1.2.1.2 梨 / 43
 - 1.2.1.3 葡萄 / 47
 - 1.2.1.4 枣 / 56
 - 1.2.1.5 桃 / 62
 - 1.2.1.6 猕猴桃 / 65
 - 1.2.1.7 樱桃 / 71
 - 1.2.1.8 草莓 / 73
 - 1.2.1.9 甜瓜 / 77
 - 1.2.1.10 香蕉 / 79
 - 1.2.1.11 柑橘 / 83
 - 1.2.1.12 芒果 / 87
 - 1.2.1.13 荔枝 / 91
 - 1.2.1.14 木瓜 / 93
 - 1.2.1.15 龙眼 / 96
 - 1.2.1.16 杨梅 / 98

- 1.2.1.17 枇杷 / 101
- 1.2.1.18 菠萝 / 106
- 1.2.2 蔬菜 / 108
 - 1.2.2.1 蒜薹 / 108
 - 1.2.2.2 马铃薯 / 111
 - 1.2.2.3 姜 / 114
 - 1.2.2.4 莲藕 / 116
 - 1.2.2.5 芦笋 / 119
 - 1.2.2.6 大白菜 / 121
 - 1.2.2.7 菌菇类 / 124
- 1.2.3 蒙阴蜜桃跨境物流品控技术集成应用 / 130
 - 1.2.3.1 跨境物流技术集成示范流程 / 131
 - 1.2.3.2 智慧物流环境监控技术 / 133

2 水产篇 / 135

- 2.1 水产品冷链物流基础知识 / 136
 - 2.1.1 水产品冷链物流 / 136
 - 2.1.2 鲜活水产品运输 / 137
 - 2.1.2.1 停食暂养 / 137
 - 2.1.2.2 装载 / 137
 - 2.1.2.3 运输配送 / 137
 - 2.1.2.4 卸载 / 138
 - 2.1.2.5 待售暂养 / 138
 - 2.1.3 水产品保鲜方式 / 138
 - 2.1.3.1 冷藏保鲜 / 138
 - 2.1.3.2 冰温保鲜 / 139
 - 2.1.3.3 微冻保鲜 / 139

目 录

2.1.3.4	冷冻保鲜 / 140
2.1.3.5	气调保鲜 / 141
2.1.4	基于 HACCP 的水产品冷链物流品质安全控制 / 142
2.1.4.1	冷冻水产品冷链物流 HACCP 体系 / 142
2.1.4.2	鲜活水产品无水物流 HACCP 体系 / 144
2.2	水产品冷链物流实用技术 / 145
2.2.1	鲜活水产品 / 145
2.2.1.1	有水运输 / 145
2.2.1.2	无水运输 / 146
2.2.2	冰冻水产品 / 148
2.2.2.1	冰冻鱼类 / 148
2.2.2.2	冰冻虾类 / 149
2.2.2.3	冰冻蟹类 / 150
2.2.3	冰鲜水产品 / 150
2.2.3.1	冰鲜鱼类 / 151
2.2.3.2	冰鲜虾类 / 151
2.2.4	水产品无水活运技术集成应用 / 152
2.2.4.1	无水活运技术集成 / 153
2.2.4.2	无水活运核心产品 / 155
2.2.4.3	水产品无水保活物流集成技术商业化应用 / 157
3	畜禽肉篇 / 160
3.1	畜禽肉类冷链物流基础知识 / 161
3.1.1	宰后肉的生物化学变化 / 161
3.1.1.1	死后僵直 / 161
3.1.1.2	解僵、成熟 / 161
3.1.1.3	自溶 / 161

3.1.1.4	腐败 / 162
3.1.2	冷却肉、热鲜肉与冷冻肉 / 163
3.1.3	肉品冷链物流 / 163
3.1.4	肉品冷却的目的 / 164
3.1.5	肉品冷冻的目的 / 164
3.1.6	物流过程中肉的品质劣变 / 165
3.1.6.1	酶的作用 / 165
3.1.6.2	微生物的繁殖 / 165
3.1.6.3	氧化作用 / 165
3.1.6.4	干耗 / 166
3.1.6.5	冻结烧 / 166
3.1.6.6	重结晶 / 166
3.1.6.7	冷收缩 / 166
3.1.7	肉类品质劣变常用的控制技术 / 167
3.1.7.1	低温保鲜 / 167
3.1.7.2	包装技术 / 167
3.1.7.3	保鲜剂处理 / 168
3.1.7.4	抗氧化剂处理 / 168
3.1.7.5	辐照技术 / 169
3.1.8	冻结速度与肉品质量的关系 / 169
3.1.8.1	冻结速度与冰结晶的关系 / 169
3.1.8.2	冻结速度与蛋白质变性 / 170
3.1.8.3	冻结速度与膨胀压 / 170
3.1.8.4	冻结速度与微生物和酶 / 170
3.1.9	基于 HACCP 的冷却肉加工与冷链物流品质 安全控制 / 171
3.2	畜禽肉类冷链物流实用技术 / 172

目 录

- 3.2.1 肉的冷却 / 172
 - 3.2.1.1 冷却的条件 / 173
 - 3.2.1.2 冷却的方法 / 173
- 3.2.2 肉的冷冻 / 174
 - 3.2.2.1 静止空气冷冻法 / 174
 - 3.2.2.2 板式冷冻法 / 174
 - 3.2.2.3 冷风式速冻法 / 174
 - 3.2.2.4 流体浸渍和喷雾冻结法 / 174
- 3.2.3 包装 / 175
- 3.2.4 仓储 / 175
 - 3.2.4.1 冷藏 / 175
 - 3.2.4.2 冻藏 / 176
 - 3.2.4.3 仓储管理 / 176
- 3.2.5 运输配送 / 177
- 3.2.6 销售 / 177

参考文献 / 178

跋 / 189

1 果蔬篇

中国是农业生产和农产品消费大国，目前蔬菜产量约占全球总产量的60%，水果和肉类产量占30%，水产品产量占40%。近年来中国生鲜农产品产量快速增加，每年约有4亿t生鲜农产品进入流通领域。随着人们生活质量的提高，人们对食品质量和安全日益重视，对果蔬、肉类和水产品等生鲜农产品的消费要求逐渐提高。因为这类产品对环境的要求高，易变质、易腐烂，所以与其相关的贮藏、运输、配送、末端销售等冷链物流需求也随着人们对食品质量和安全的重视而递增。另一方面，生鲜电商的逐渐兴起也加速带动冷链物流需求。数据显示：2016年，我国有超900亿元的生鲜电商交易额，同比增长80%。预计到2018年，生鲜电商物流行业将达到274.2亿元的市场规模，1500亿元的交易规模，年均将有超50%的复合增长率。然而，目前我国冷链物流发展仍处于起步阶段，各环节发展不全面，规模化、系统化的冷链物流体系尚未形成，导致生鲜农产品冷链流通率较低。2016年我国果蔬、水产品和肉类的冷链流通率分别达到22%、41%和34%，冷藏运输率分别为35%、69%、57%。而发达国家肉禽冷链流通率已经达到100%，蔬菜、水果冷链流通率达95%以上。

近年来，国家相继发布了《物流业调整和振兴规划》《农产品冷链物流发展规划》《关于开展农产品冷链流通标准化示范工作》《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》等文件，都强调了农产品物流产业发展的重要性。2017年中央一号文件《关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》中，加强农产品冷链物流建设再次成为促进我国农业发展的重点。其中，第十四条明确指出，要加强冷链物流基础设施网络建设。特别是2017年4月12日国务院办公厅出台的29号文件《关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级的意见》（同发办〔2017〕29号），这是国务院第一次专门针对冷链物流业态出台的文件，要求加强对冷链物流基础设施建设的统筹规划，逐步构建覆盖全国主要产地和销地的冷链物流基础设施网络，鼓励农产品产地和部分田头市场建设规模适度的预冷、贮藏保鲜等初加工冷链设施，加强先进冷链设备应用，加快补齐农产品产地“最先一公里”短板，

并发展城市“最后一公里”低温配送。在冷链物流标准方面，商务部和国标委出台了《关于开展农产品冷链流通标准化示范工作的通知》，要求进一步建立健全冷链流通标准体系。国家发改委正式发布了《肉与肉制品冷链物流作业规范》《水产品冷链物流服务规范》《道路运输食品冷藏车功能选用技术规范》等行业标准，细分领域的标准更加完善。商务部、国家标准化委员会联合开展农产品冷链流通标准化示范工作，重点围绕肉类、水产、果蔬等生鲜农产品，培育一批农产品冷链流通标准化示范企业和示范城市。国家政策的扶持、各级标准的规范和市场自我推动都将推动农产品冷链物流进入新的时代。未来我国冷链物流系统将加速完善，冷链流通率及运输率有望逐步向发达国家水平靠拢。《中国农产品冷链物流行业投资规划分析报告》预计，到2020年我国冷链物流行业市场规模将达4700亿元，年复合增速超过20%。

目前我国农产品冷链物流存在诸多问题，如冷链物流企业缺乏先进的物流设备、技术，致使物流过程不可控且无法实时追踪，保鲜条件得不到有效控制；从采摘到销售运输周期长、环节多，导致果蔬物流时间增加；缺乏完整的冷链，经常出现冷链“断链”现象；国家、地方、物流行业缺乏统一标准和有效的监督机制；物流供应链的上下游整合不到位，缺乏统一规划和有机整合等。其中冷链物流人员专业知识缺乏已成为制约我国冷链物流发展的瓶颈，冷链物流为新兴产业，从业人员大多从普通物流或其他行业转行而来，对农产品生物特性、冷链物流特性和操作规范不熟悉，导致服务质量不高。鉴于此，本书以果蔬、水产品和畜禽肉三大类易腐生鲜农产品为对象，介绍了各类农产品的生物学特性、物流保鲜原理以及品控实用技术，目的是补齐现有从业人员的知识短板，提高技术服务能力。

我国现已成为世界最大的水果和蔬菜生产国，2016年水果总产量达2.84亿t，蔬菜总产量达8.00亿t，其中蔬菜的产量与产值均超过粮食，成为我国第一大农产品。果蔬产品的特性决定了果蔬产业面临着生产的季节性与区域性、产品的易腐性和需求的周年性等问题。目前，我国水果、蔬菜采后流通过程中的损耗高达20%~35%，每年都有超过1亿t果蔬腐烂变质，直接经济损失1800亿元人民币以上，而发达国家损耗仅为1%~5%，原因是果蔬冷链流通率低，因此迫切需要建立起完善的果蔬采后冷链物流品控技术体系。

我国许多地区果蔬生产规模化、专业化、合作化程度大，冷链需求进一步增长，“冬季南菜北运、夏季北菜南运”的流通特点突出，运输半径的扩大直接导致流通成本相应提高。就蔬菜来看，目前我国蔬菜呈现两大特点。一是蔬菜就近自给，根据《2011—2020年中国蔬菜产业规划》内容，我国将会