



全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 食品 冷冻冷藏学

SHIPIN

LENGDONG LENGCANGXUE

刘宝林 主编



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 食品冷冻冷藏学

刘宝林 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

食品冷冻冷藏学/刘宝林主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 6

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-14693-8

I. ①食… II. ①刘… III. ①食品贮藏: 制冷贮藏—高等学校—教材②食品贮藏: 冻结贮藏—高等学校—教材  
IV. ①TS205.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 118909 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 王芳芳

文字编辑 李兴旺

---

北京三木印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月北京第 1 次印刷

---

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 17.75

字数: 303 千字

定价: 26.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

**主 编** 刘宝林

**副 主 编** 周国燕 唐浩国 张 欣

**编写人员** (按姓氏笔画排序)

刘宝林 (上海理工大学)

杨宏顺 (河南工业大学)

谷雪莲 (上海理工大学)

沈勇根 (江西农业大学)

张 欣 (山东农业大学)

周国燕 (上海理工大学)

周新丽 (上海理工大学)

唐浩国 (河南科技大学)

董庆利 (上海理工大学)

程顺昌 (沈阳农业大学)

**审 稿** 李云飞 (上海交通大学)

# 前 言

随着我国经济的快速发展,人民生活水平的不断提高,冷冻冷藏食品已达数百种,在食品业销售中所占比例越来越大。与此同时,保证冷冻冷藏食品的品质,对冷藏链食品进行科学规范的监控管理也成为重要的研究课题;制冷技术和设备的发展促使冷冻方法、理论及配套设备不断地更新;而节能降耗在冷冻冷藏食品业也具有巨大潜力。以上方面都要求从事食品冷冻冷藏业的人员掌握食品冷冻冷藏的基本原理、工艺设备及不断涌现的新知识。2008年,我们申请编写全国高等农林院校“十一五”规划教材《食品冷冻冷藏学》获得批准,开始组织相关高校专家编写此教材。

本教材重点阐述食品冷冻冷藏的基本原理、设备及工艺,同时融入近年来冷冻冷藏食品业的热点问题,如冷藏链食品品质监测与控制、食品玻璃化理论及应用、冷冻食品的节能等。本教材主要内容为食品冷冻冷藏的生物化学基础、物理化学基础、冷却与冷藏工艺、冻结与冻藏工艺、冷冻冷藏方法和设备、冷藏库和冷藏链等知识;同时简要阐述具有工科特色的制冷原理和技术、食品的热物理性质及其测量方法、冷冻食品的节能降耗等内容,目的是培养多学科交叉的复合型、创新型人才。

本教材共十三章。第一、八章由刘宝林编写;第二、四章由周国燕编写;第三、九章由唐浩国编写;第六、七章由张欣编写;第五、十三章由周新丽编写;第十二章由董庆利编写;第十章由沈勇根编写;第十一章第一、二、三节由程顺昌编写,第四节由谷雪莲、杨宏顺编写。本教材由刘宝林任主编并统稿,特邀上海交通大学李云飞教授审稿。

由于本书涉及的领域广泛，编者水平有限，有欠妥或错误之处，希望读者批评指正。

编 者

2010年4月

# 目 录

## 前言

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 绪论            | 1  |
| 第一节 食品冷冻冷藏的概念     | 1  |
| 第二节 食品冷冻冷藏学的研究内容  | 3  |
| 第三节 食品冷冻冷藏业的发展趋势  | 5  |
| 第二章 食品冷冻冷藏的物理化学基础 | 7  |
| 第一节 食品的物理化学特点     | 7  |
| 第二节 水的相图及冻结特性     | 8  |
| 一、水和冰的相图          | 8  |
| 二、水分子的结构          | 9  |
| 三、冰的结构            | 9  |
| 四、典型的降温曲线         | 10 |
| 第三节 水溶液的冻结和特性     | 11 |
| 一、水溶液组成及其表示法      | 11 |
| 二、稀溶液的依数性         | 12 |
| 三、实际水溶液的性质        | 14 |
| 四、水溶液的冻结特性        | 14 |
| 五、解冻过程的特点         | 15 |
| 第四节 水分活度          | 16 |
| 一、水分活度的定义         | 16 |
| 二、水分活度的测定方法       | 17 |
| 第五节 食品材料的冻结特性和冻结率 | 17 |
| 一、食品材料的初始冻结温度     | 17 |
| 二、食品中未冻结水分数的计算方法  | 18 |
| 第六节 水和溶液的结晶理论     | 22 |
| 一、成核理论            | 22 |
| 二、冰晶的生长           | 25 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <b>第三章 食品冷冻冷藏的原理</b>         | 28 |
| <b>第一节 食品的化学成分</b>           | 28 |
| 一、蛋白质                        | 29 |
| 二、糖类                         | 30 |
| 三、脂肪                         | 31 |
| 四、维生素                        | 33 |
| 五、水分                         | 34 |
| 六、矿物质                        | 34 |
| <b>第二节 引起食品变质的因素及其与温度的关系</b> | 35 |
| 一、微生物引起的变质                   | 35 |
| 二、酶引起的变质                     | 36 |
| 三、呼吸作用引起的变质                  | 38 |
| 四、氧化作用引起的变质                  | 39 |
| 五、机械损伤                       | 40 |
| <b>第三节 低温对食品水分活度的影响</b>      | 41 |
| 一、水分活度与温度的关系                 | 41 |
| 二、水分活度与食品稳定性的关系              | 44 |
| <b>第四节 食品冷冻冷藏原理</b>          | 46 |
| <b>第四章 食品材料的热物理性质</b>        | 48 |
| <b>第一节 水和冰的热物理性质</b>         | 48 |
| 一、水的热物理性质                    | 48 |
| 二、冰的热物理性质                    | 49 |
| <b>第二节 食品材料热物理性质的测量</b>      | 50 |
| 一、比热容的测量                     | 50 |
| 二、焓的测量                       | 52 |
| 三、热导率的测量                     | 54 |
| 四、热扩散系数的测量                   | 56 |
| <b>第三节 食品材料的热物理数据</b>        | 56 |
| 一、比热容                        | 56 |
| 二、焓值                         | 58 |
| 三、热导率                        | 61 |
| <b>第四节 食品材料热物理性质的估算方法</b>    | 63 |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| 一、密度的估算 .....                | 63        |
| 二、比热容的估算 .....               | 64        |
| 三、热导率的估算 .....               | 65        |
| 第五节 食品包装材料的性质 .....          | 67        |
| <b>第五章 食品冷冻冷藏的制冷技术 .....</b> | <b>70</b> |
| 第一节 制冷的热力学基础 .....           | 70        |
| 一、热力学基本定律 .....              | 70        |
| 二、逆卡诺循环 .....                | 71        |
| 第二节 蒸气压缩式制冷 .....            | 72        |
| 一、蒸气压缩式制冷的工作原理 .....         | 72        |
| 二、蒸气压缩式制冷的理论循环 .....         | 73        |
| 第三节 制冷剂 .....                | 74        |
| 一、制冷剂的种类及符号表示 .....          | 75        |
| 二、制冷剂的性质 .....               | 78        |
| 第四节 制冷设备 .....               | 81        |
| 一、压缩机 .....                  | 81        |
| 二、热交换器 .....                 | 82        |
| 三、节流机构 .....                 | 84        |
| 第五节 湿空气性质的表征 .....           | 85        |
| 一、湿空气性质的表征 .....             | 85        |
| 二、参数之间的关系 .....              | 85        |
| 三、湿空气的热力学性质 .....            | 86        |
| 四、饱和湿空气的热力学性质 .....          | 88        |
| 五、湿空气的迁移性质 .....             | 89        |
| <b>第六章 食品冷却与冷藏 .....</b>     | <b>90</b> |
| 第一节 食品冷却过程的传热方式 .....        | 90        |
| 一、基本传热方式 .....               | 91        |
| 二、食品冷却的传热过程 .....            | 93        |
| 第二节 食品的冷却速度与时间 .....         | 94        |
| 一、食品冷却计算中常用的两个准则数 .....      | 95        |
| 二、毕渥数小于 0.1 时的食品冷却问题 .....   | 96        |
| 三、大平板状食品的冷却时间 .....          | 97        |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 四、长圆柱状食品的冷却时间 .....      | 97  |
| 五、球状食品的冷却时间 .....        | 98  |
| 六、食品冷却速度和时间计算实例 .....    | 98  |
| 第三节 食品冷却时的变化 .....       | 101 |
| 一、水分蒸发 .....             | 101 |
| 二、冷害 .....               | 102 |
| 三、移臭(串味) .....           | 103 |
| 四、生理作用 .....             | 103 |
| 五、成熟作用 .....             | 103 |
| 六、脂类的变化 .....            | 104 |
| 七、淀粉老化 .....             | 104 |
| 八、微生物的增殖 .....           | 104 |
| 九、寒冷收缩 .....             | 105 |
| 第七章 食品冻结与冻藏 .....        | 106 |
| 第一节 食品冻结速率 .....         | 106 |
| 一、最大冰晶生成带 .....          | 106 |
| 二、冻结速率 .....             | 107 |
| 三、速冻食品的概念 .....          | 108 |
| 第二节 食品冻结的热负荷 .....       | 108 |
| 第三节 食品的冻结时间 .....        | 111 |
| 第四节 食品在冻结和冻藏过程中的变化 ..... | 116 |
| 一、食品在冻结过程中的变化 .....      | 116 |
| 二、食品在冻藏过程中的变化 .....      | 118 |
| 三、食品的冻藏温度 .....          | 121 |
| 第八章 食品的低温玻璃化加工和贮藏 .....  | 122 |
| 第一节 食品材料玻璃化的基本概念 .....   | 122 |
| 一、玻璃化的概念 .....           | 122 |
| 二、玻璃化过程与结晶过程的区别 .....    | 123 |
| 三、玻璃化转变温度 .....          | 123 |
| 四、水溶液的玻璃化 .....          | 124 |
| 第二节 食品的玻璃化贮藏理论 .....     | 125 |
| 一、食品聚合物科学 .....          | 125 |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 二、玻璃态与橡胶态的区别 .....               | 126        |
| 三、WLF 方程和 Arrhenius 方程 .....     | 126        |
| 四、水分活度与玻璃化理论 .....               | 128        |
| 五、冻结食品的玻璃化保存 .....               | 129        |
| 第三节 $T'_g$ 的测定 .....             | 129        |
| 一、 $T'_g$ 的测量方法 .....            | 129        |
| 二、食品材料的 $T'_g$ 值 .....           | 130        |
| 三、DSC 方法 .....                   | 131        |
| 四、测量方法的发展趋势 .....                | 132        |
| 五、低温显微 DSC 系统 .....              | 133        |
| 第四节 玻璃化在冷冻食品加工和贮藏中的应用 .....      | 134        |
| 一、玻璃化在冰淇淋中的应用 .....              | 134        |
| 二、玻璃化在冷冻面团中的应用 .....             | 137        |
| <b>第九章 食品冷却、冻结及解冻方法与装置 .....</b> | <b>142</b> |
| 第一节 食品冷却方法与装置 .....              | 142        |
| 一、食品冷却方法 .....                   | 142        |
| 二、食品冷却原理与设备 .....                | 142        |
| 第二节 食品冻结方法与装置 .....              | 146        |
| 一、直接接触冻结法 .....                  | 147        |
| 二、间接接触冻结法 .....                  | 154        |
| 第三节 食品解冻方法与装置 .....              | 157        |
| 一、食品的解冻方法 .....                  | 158        |
| 二、食品的解冻装置 .....                  | 159        |
| <b>第十章 食品冷藏库 .....</b>           | <b>166</b> |
| 第一节 概述 .....                     | 166        |
| 一、冷藏库的类型 .....                   | 166        |
| 二、食品冷藏库的工艺流程 .....               | 167        |
| 第二节 冷藏库的组成与布置 .....              | 168        |
| 一、冷藏库的组成 .....                   | 168        |
| 二、冷藏库的布置 .....                   | 170        |
| 三、冷藏库的隔热和防潮 .....                | 171        |
| 第三节 冷藏库冷负荷计算 .....               | 172        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 一、冷藏库容量计算 .....             | 172        |
| 二、冷负荷计算 .....               | 174        |
| 三、冷负荷的估算方法 .....            | 178        |
| 第四节 装配式冷藏库 .....            | 180        |
| 一、装配式冷藏库的特点和结构型式 .....      | 180        |
| 二、装配式冷藏库的平面布置 .....         | 181        |
| 三、装配式冷藏库的安装方法 .....         | 182        |
| 四、装配式冷藏库热负荷的计算 .....        | 183        |
| 第五节 气调冷藏库 .....             | 185        |
| 一、气调冷藏库建筑特点 .....           | 185        |
| 二、气调冷藏库的方案设计 .....          | 187        |
| 三、气调系统 .....                | 187        |
| 四、气调冷藏库的操作管理 .....          | 190        |
| <b>第十一章 食品冷藏链 .....</b>     | <b>193</b> |
| 第一节 食品冷藏链的概念和组成 .....       | 193        |
| 一、食品冷藏链的概念 .....            | 193        |
| 二、食品冷藏链的组成 .....            | 193        |
| 三、食品冷藏链的结构 .....            | 194        |
| 第二节 冷藏运输工具 .....            | 194        |
| 一、对冷藏运输设备的要求 .....          | 194        |
| 二、冷藏汽车 .....                | 194        |
| 三、铁路冷藏车 .....               | 198        |
| 四、冷藏船 .....                 | 200        |
| 五、冷藏集装箱 .....               | 201        |
| 第三节 冷藏柜和冰箱 .....            | 203        |
| 一、超市冷藏陈列柜 .....             | 203        |
| 二、家用冰箱 .....                | 205        |
| 第四节 冷藏链食品品质监测与控制 .....      | 206        |
| 一、食品货架期预测 .....             | 206        |
| 二、在线货架期监测 .....             | 211        |
| <b>第十二章 各类食品冷加工技术 .....</b> | <b>216</b> |
| 第一节 畜产品冷加工技术 .....          | 216        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 一、畜禽肉类冷加工技术 .....            | 216        |
| 二、乳品类冷加工技术 .....             | 224        |
| 三、禽蛋类冷加工技术 .....             | 229        |
| 第二节 果蔬类食品冷加工技术 .....         | 231        |
| 一、果蔬化学成分及其与加工的关系 .....       | 231        |
| 二、果蔬的速冻加工 .....              | 234        |
| 三、果蔬的冷藏和冻藏 .....             | 237        |
| 第三节 粮油类食品冷加工技术 .....         | 239        |
| 一、粮油类食品的分类及主要成分 .....        | 239        |
| 二、非发酵类面制食品的冷加工 .....         | 240        |
| 三、发酵类面制食品的冷加工 .....          | 241        |
| 四、米制食品的冷加工 .....             | 242        |
| 第四节 水产食品冷加工技术 .....          | 242        |
| 一、鱼贝类肌肉的主要成分 .....           | 243        |
| 二、鱼类的冷却加工 .....              | 243        |
| 三、鱼类的微冻加工 .....              | 245        |
| 四、鱼类的冷冻加工 .....              | 246        |
| 五、鱼类的冷藏 .....                | 248        |
| <b>第十三章 食品冷冻冷藏与节能 .....</b>  | <b>250</b> |
| 第一节 冷藏库的节能 .....             | 250        |
| 一、减小库房冷损耗 .....              | 251        |
| 二、减小制冷系统能耗 .....             | 252        |
| 第二节 冷藏运输的节能 .....            | 255        |
| 一、冷藏运输制冷设备的节能 .....          | 255        |
| 二、冷藏运输动力系统的节能 .....          | 255        |
| 第三节 低温陈列柜的节能 .....           | 256        |
| 一、陈列柜结构的改进 .....             | 257        |
| 二、系统技术的改善 .....              | 260        |
| 第四节 食品冷冻冷藏业综合节能技术 .....      | 262        |
| 一、对大型规模化食品工业企业进行能源优化研究 ..... | 263        |
| 二、加强食品工厂生产过程用能的管理 .....      | 264        |
| <b>主要参考文献 .....</b>          | <b>266</b> |

# 第一章 绪 论

食品冷冻冷藏历史久远, 3 000多年前, 人类就已经用冰雪贮藏食品, 但冷冻冷藏的快速发展是随着 19 世纪制冷机械设备的问世而开始的。食品冷冻冷藏学涉及食品微生物学、食品化学、动植物生理生化、传热学、制冷技术、食品工程等多个学科和专业的知识, 在原理、方法、技术、设备、工艺等方面包含非常广泛的研究内容。本章旨在简要介绍食品冷冻冷藏学的概念、内容和发展趋势, 给读者一个整体的、框架性的认识。

## 第一节 食品冷冻冷藏的概念

广义上的食品冷冻冷藏主要包括以下几个概念: 食品冷却 (chilling)、食品冷藏 (chilling storage)、食品冻结 (freezing)、食品冻藏 (freezing storage)。

**1. 食品冷却** 食品冷却是将食品的温度降低到环境温度和食品的冰点 (freezing point) 之间的某一温度的过程。食品冷却是冷藏的必需前处理, 本质上是一个换热降温过程, 其目的是快速去除食品内部的热量, 降低食品的温度, 从而减缓食品中的各种生化反应速度并抑制微生物的生长繁殖, 保证食品的良好品质及安全。

食品冷却主要用于果蔬类食品, 采摘后在产地及时进行, 抑制果蔬的呼吸作用, 保持其新鲜度。冷却速度和冷却终温是影响食品品质的关键因素。一般地, 快速冷却有利于保持食品的品质, 而冷却终温取决于食品的种类, 温度过低会造成某些果蔬食品生理病害, 甚至冻伤。冷却是动物性食品冷藏及冻结的前处理环节。

**2. 食品冷藏** 食品冷藏是将冷却后的食品贮藏在高于其冰点的某个低温环境中, 使食品品质在合理的时间得以保持的一种低温保存方法。冷藏适合于所有食品, 但主要应用于果蔬。对于果蔬类食品, 冷藏应该使其生命的代谢过程尽量缓慢进行, 延迟其成熟、衰老期的到来, 保持其新鲜度。冷藏也是短期保存动物性食品的有效手段, 不但降低了肉类食品中微生物的繁殖能力, 降

低了生化反应速率,而且,肉类在冷藏温度下进行成熟作用,使肉的颜色、风味、质地等都变好,增加了商品价值,这些变化对牛肉尤其重要。

冷藏环境的温度、湿度和气体成分等是影响冷藏食品品质的主要因素。果蔬类食品的冷藏温度因种类不同而有较大差异,如葡萄的冷藏温度为 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ ,而香蕉的为 $12\sim 13^{\circ}\text{C}$ 。保持食品贮藏期间的温度恒定与选择合适的冷藏温度同样重要,有些食品的贮藏温度波动 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 就对其品质和贮藏期造成严重的影响。对于没有包装的冷藏食品,适宜的相对湿度可以抑制食品中水分的蒸发,但太高的相对湿度会为微生物的生长繁殖提供有利的条件。如果食品冷藏的环境是空气,要考虑空气循环、通风换气等因素;如果采用气调冷藏,则要控制贮藏环境中各种气体的成分含量。

**3. 食品冻结** 将食品中所含的水分,部分或全部〔事实上,不管温度多低,食品中总存在一部分不可冻水(unfrozen water)〕转变为冰的过程,称为食品的冻结。根据冻结速度的快慢,冻结食品大致分为两类:冷冻食品和速冻(quick freezing)食品。通用的区分冷冻和速冻的方法有时间和距离两种:按时间划分,食品热中心温度从 $0^{\circ}\text{C}$ 降至 $-5^{\circ}\text{C}$ 所用时间,在30min之内的谓速冻,超过30min即谓冷冻;按距离划分,食品 $-5^{\circ}\text{C}$ 冻结面的推进速度达到 $5\sim 20\text{cm/h}$ 的谓速冻,较慢的谓冷冻。

食品在冻结过程中将发生各种物理和化学变化,这些变化主要是由冰晶的生成引起的。冰晶的形成和生长会使食品体积膨胀(水生成冰后,体积增加约9%),从而造成细胞或组织的机械损伤(mechanical damage),严重时食品将发生断裂(crack);食品中大部分水分结冰后,剩余的组织液浓度增大,将引起蛋白质冻结变性、食品褐变等化学变化。速冻不仅能生成细小而分布均匀的冰晶,减小机械损伤,而且可以快速达到冻结终温,减小溶液引起的化学变化。所以快速冻结是保证冻结食品品质的重要因素之一。

**4. 食品冻藏** 食品冻藏是将冻结后的食品贮藏在低于 $-18^{\circ}\text{C}$ 的某一低温环境中,使食品品质在合理的时间范围内得以保持的一种低温保存方法。从理论上讲,食品的冻藏温度越低,则其冻藏期也越长。目前,我国冷库的冻藏间温度一般为 $-18\sim -20^{\circ}\text{C}$ ,这满足大部分冻结食品的要求;但某些食品要在超低温下贮藏,如金枪鱼的冻藏温度要求低于 $-55^{\circ}\text{C}$ 。

冻藏食品的品质取决于冻藏环境的温度、相对湿度和空气循环等主要因素。与冷藏相似,温度波动对冻藏食品的品质和贮藏期影响严重,因为温度波动会使细小冰晶快速长大,进而造成食品的损伤。相对湿度和空气循环的控制可以减少冻藏食品的干耗。

冻藏食品的贮藏期一般远大于冷藏食品的贮藏期。在 $-18^{\circ}\text{C}$ 时,食品一般

可以保存6个月至1年；在 $-30^{\circ}\text{C}$ 的冻藏温度下，大部分食品可以保存2年以上。冻藏温度的选择要综合考虑食品品质、贮藏期长短以及能源等问题。

除了上述传统的食品冷却、冷藏、冻结、冻藏外，随着科技的发展，食品保存新方法不断出现，如冰温保存方法、玻璃化保存方法等，将在后面的章节中详细介绍。

## 第二节 食品冷冻冷藏学的研究内容

食品冷冻冷藏涉及多学科、多专业的知识，且包括原料处理、冷却、冷藏、冷冻、冻藏、运输、销售等多个环节，研究内容涉及原理、方法、设备、工艺、安全、管理等。如图1-1所示，食品冷冻冷藏学的主要研究内容如下。

**1. 食品冷冻冷藏原理** 研究温度和水分对引起食品变质的主要因素（微生物、食品中生化反应）的抑制作用；通过分析食品中主要的营养成分随温度和时间变化，研究降温速度、终温、贮藏温度等对食品品质的影响，如“T. T. T.”原理（temperature-time-tolerance）等；研究冷冻冷藏各个环节中食品的物理、化学变化，从而判定其品质的变化；通过实验和数学模型，总结食品品质在冷冻冷藏过程中的变化规律，预测食品的剩余货架期；应用传热传质原理，模拟计算食品的冷冻过程，优化冷却及冻结条件。

**2. 食品冷却、冻结方法与装置** 借助传热学和制冷技术，利用传热学计算不同形状食品的降温时间、食品内部温度分布，研究不同种类食品的降温方法，如空气法、冷水法、真空冷却等；根据降温方法和生产实际，设计不同形式和功能的冷却、冻结装置；探索新的快速降温方法，如液氮流态化等。

**3. 食品冷藏和冻藏设备** 研究能够为冷却或冻结食品提供合适的贮藏环境的设备，大型的如冷库，小型的如冰箱、冷柜等；研究维持贮藏环境中恒定的低温、适宜的相对湿度、空气流通等的方法；根据冷冻冷藏食品的发展情况，开发新的适合食品冷藏链的贮藏设备。

**4. 食品冷冻冷藏工艺** 在上述三个方面研究的基础上，确定各种食品冷冻冷藏的条件（贮藏方法、贮藏温度、冷却或冻结方法等）；选择合理的冷冻冷藏设备；制订从采摘、前处理、冷冻冷藏方法、冷冻冷藏设备、卫生管理等的具体操作步骤或工艺流程。

**5. 冷冻冷藏食品的运输技术** 研究运输设备（如冷藏集装箱、冷藏汽车、铁路冷藏车等）；研究运输设备中温度等贮存、传输、监控技术，防止温度过高、过低以及大的温度波动；研究低温物流技术；研究冷藏链标准及规范。

**6. 研究食品冷冻冷藏新技术** 借助学科交叉，不断开发新技术，如冰温

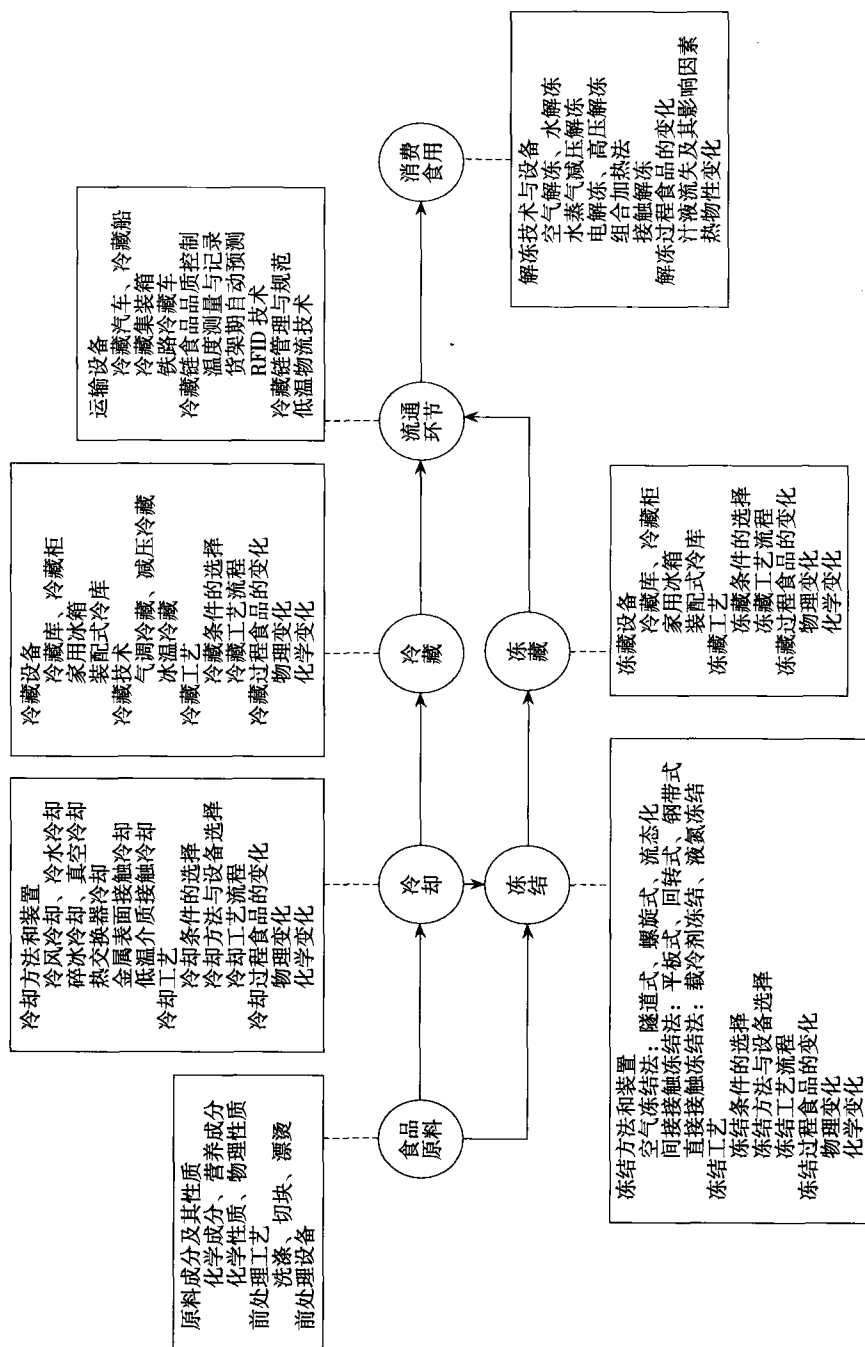


图 1-1 食品冷冻冷藏学主要内容