

中国制冷学会制冷专业

工程师继续教育系列 丛书



冷藏

冻结设备与装置

主 编 申 江

副主编 宁静红 曹小林

中国建筑工业出版社

中国制冷学会制冷专业

工程师继续教育系列 丛书

冷藏

冻结设备与装置

主 编 申 江

副主编 宁静红 曹小林

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

冷藏冻结设备与装置/申江主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2009

(中国制冷学会制冷专业工程师继续教育系列丛书)

ISBN 978-7-112-11452-8

I. 冷… II. 申… III. ①制冷—设备—工程技术人员—
终生教育—教材②制冷装置—工程技术人员—终生教育—教材
IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 183307 号

本书是“中国制冷学会制冷工程师继续教育系列丛书”之一,内容包括食品冷加工技术、食品冷冻冷藏装置的设计计算、食品预冷技术与装置、速冻、解冻技术与装置、冷藏库、食品真空冷冻干燥与设备、食品真空冷却与气调保鲜技术与设备、冷藏运输装置、商业冷柜、冰淇淋机和制冰机,基本涵盖了冷冻冷藏技术的各个方面。本书以食品冷藏及冻结设备与装置为主,突出冷冻冷藏装置的“原理、构造、特性”,重视产品的“实验”、“规范、标准”的讲解,以适应制冷工程技术人员的基本需求。

本书适用于从事制冷机械设备、冷藏冷冻、冷藏运输以及空调热泵专业的技术人员阅读,亦可供相关专业的在校学生参考与自学使用。

* * *

责任编辑:姚荣华 张文胜

责任设计:赵明霞

责任校对:赵颖 王雪竹

中国制冷学会制冷专业工程师继续教育系列丛书

冷藏冻结设备与装置

主 编 申 江

副主编 宁静红 曹小林

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京凌奇印刷有限责任公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:17½ 字数:436千字

2010年1月第一版 2010年1月第一次印刷

定价:39.00元

ISBN 978-7-112-11452-8

(18694)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

中国制冷学会
制冷专业工程师继续教育系列丛书编委会

主 编：彦启森

副主编：王如竹 李连生 申 江

编 委：(以姓氏笔画排列)

于志强	马国远	王如竹	申 江	由世俊	闫泽生
何国庚	李百战	李先庭	李连生	张 旭	张 华
张 桃	张小松	张秀平	张晓兰	张建一	陈光明
陈汝杰	杨利民	赵之海	胡松涛	彦启森	姚 杨
郭开华	黄 翔	曹小林	谢 晶	解国珍	

序 言

为适应我国制冷行业的迅猛发展，提高国际竞争能力，中国制冷学会经常务理事会讨论通过，于 2006 年 4 月成立中国制冷学会继续教育工作委员会。

继续教育工作委员会的宗旨是开展制冷专业技术人员的继续教育，促进在职专业技术人员知识更新，及时掌握新知识、新技术、新技能，提高在职专业技术人员的素质和能力，加速制冷专业高层次技术人员队伍建设和青年人才的培养。继续教育工作委员会将在调查研究我国制冷专业技术人员继续教育状况的基础上，促进高等院校、科研单位、企业在制冷专业发展与继续教育方面的研讨与合作，实施中国制冷学会制冷专业技术人员资格认证的教育培训，并举办高级技术人员培训班。

为实现上述目标，继续教育工作委员会成立了以彦启森教授为主编，王如竹教授、李连生教授、申江教授为副主编，中国制冷学会继续教育工作委员会全体委员为编委的制冷专业技术人员继续教育系列教材编委会，负责制冷专业工程师继续教育系列丛书的编写工作。

相信在广大编委、作者和读者的共同努力下，中国制冷学会的继续教育工作会议会有一个美好的明天。

中国制冷学会制冷专业工程师继续教育系列丛书编委会

前 言

为构建我国制冷专业技术人员终身教育体系,培养专业技术人员的学习能力、实践能力和创新能力,提高整体素质,实现我国制冷工业的可持续发展,中国制冷学会组织高等院校、科研院所和生产一线专家,编写适应当代科技发展的制冷知识体系的继续教育系列丛书。丛书对象为广大从事制冷(包括:制冷机械设备专业、冷藏冷冻专业、冷藏运输专业及空调热泵专业)工作的专业技术人员。

《冷藏冻结设备与装置》是“中国制冷学会制冷专业工程师继续教育系列丛书”之一,内容包括食品冷加工技术、食品冷冻冷藏装置的设计计算、食品预冷技术与装置、速冻、解冻技术与装置、冷藏库、食品真空冷冻干燥与设备、食品真空冷却与气调保鲜技术与设备、冷藏运输装置、商业冷柜、冰淇淋机和制冰机,共十一章,基本涵盖冷冻冷藏的方方面面,是制冷工程师必需具有的专业知识。本书的特点是突出“原理、构造、特性”,重视对“实验”和“规范、标准”的讲解,适应广大制冷专业人员的基本需求。

本书由天津商业大学制冷与空调工程系制冷教研室组织编写。参加编写的成员有:申江教授(绪论、第九章)、曹小林教授(第一章、第六章、第七章)、臧润清教授(第二章第一节)、宁静红副教授(第二章第二、三、四节、第十章)、刘斌副教授(第三章)、杨永安副教授(第四章)、李慧宇副教授(第五章)、刘志强教授(第七章)、邹同华副教授(第八章)、彭苗副教授(第九章)、刘清江副教授(第十一章)。

由于本书内容涉及面广,并引入较多新内容,如有不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2009年8月

目 录

主要符号表	1
绪论	3
第一章 食品冷加工技术	7
第一节 食品贮藏保鲜机理	7
第二节 食品冷藏条件	9
第三节 食品冷藏链	12
第二章 冷冻冷藏装置的设计计算	15
第一节 氨制冷系统的方案设计	15
第二节 氟利昂制冷系统的方案设计	37
第三节 冷冻冷藏装置的负荷计算	49
第四节 冷冻冷藏装置绝热层的计算	65
第三章 食品预冷技术与装置	73
第一节 预冷过程中的传热理论分析	73
第二节 差压预冷	76
第三节 水预冷	80
第四节 真空预冷装置	84
第五节 预冷方式的选择	87
第四章 速冻、解冻技术与装置	89
第一节 食品速冻原理	89
第二节 货物热量的计算	93
第三节 速冻装置	97
第四节 食品的解冻技术	107
第五节 国外新兴的冻结技术	111
第五章 冷藏库	112
第一节 冷藏库的分类	112
第二节 土建冷藏库	113
第三节 冷藏库制冷系统	115
第四节 制冷机房	119
第五节 制冷设备选型	123
第六节 制冷管路系统	132
第七节 制冷系统自动化	137
第八节 装配式冷库	146
第六章 食品真空冷冻干燥与设备	156

第一节 真空冷冻干燥的基本原理	156
第二节 真空冷冻干燥的基本过程	159
第三节 真空冷冻干燥设备	161
第四节 真空冷冻干燥工艺	168
第五节 真空冷冻干燥的前后处理设备	170
第七章 食品真空冷却与气调保鲜	172
第一节 食品的气调保鲜技术	172
第二节 气调库	174
第三节 食品的气调包装技术与装置	182
第四节 食品的真空冷却红外线脱水保鲜技术	189
第八章 冷藏运输装置	192
第一节 冷藏运输装置的特点与要求	192
第二节 铁路冷藏车	195
第三节 冷藏汽车	200
第四节 水路冷藏船	203
第五节 冷藏集装箱	203
第九章 商业冷柜	206
第一节 冷柜	206
第二节 陈列柜	212
第三节 冷藏设备的试验	228
第十章 冰淇淋机	234
第一节 概述	234
第二节 冰淇淋机的结构	235
第三节 典型装置介绍	238
第四节 冰淇淋机的冷负荷计算	242
第十一章 制冰机	248
第一节 盐水制冰	248
第二节 快速制冰	255
第三节 冰晶制冰机	265
参考文献	269

主要符号表

符号	符号意义, 单位	符号	符号意义, 单位
A	面积, m^2	Q	热量, J 或 kJ
a	低压与高压级压缩机输气量之比, %	q	单位质量热流量, kJ/kg ; 热流密度, W/m^2
B	大气压力, Pa	R	潜热, kJ ; 热阻, $\text{m}^2\text{K/W}$; 气体常数, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
C	热容量, kJ/K	R_0	通用气体常数, $\text{J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$
c	比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; 相对余隙容积	r	比潜热, kJ/kg ; 半径, m
COP	性能系数, kW/kW	S	熵, kJ/K ; 活塞行程, m
c_p	定压比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	s	比熵, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
c_v	定容比热, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	T	绝对温度, K
D, d	直径, m	t	摄氏温度, $^{\circ}\text{C}$; 厚度, m
E	储存能, kJ	$\Delta T, \Delta t$	温差, K 或 $^{\circ}\text{C}$
e	偏心距, mm; 肋片间距, mm	U	内能, kJ ; 周长, m
EER	能效比, kW/kW	u	比内能, kJ/kg ; 圆周速度, m/s
F	力, N	V	体积, m^3 ; 体积流量, m^3/s
f	循环倍率; 面积, m^2 ; 频率, Hz	v	流速, m/s ; 比容, m^3/kg
G	质量流量, kg/h 或 kg/s	v_m	质量流速, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
g	重力加速度, m/s^2	W	功, J 或 kJ
H	焓, kJ ; 真空度, Pa; 高度, m	w	比功, J/kg 或 kJ/kg
h	比焓, kJ/kg ; 换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	X	辐射角系数
i	数量	x	湿蒸气的干度, %
K, k	传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Z	转子齿数; 水平管束上、下重叠的排数或系数
k	绝热指数	z	水平管束上、下重叠的排数; 数量
L	长度, m	α	放热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; 渐开线初始角, rad
M	质量流量, kg/s	β	渐开线展角, rad
m	质量, kg ; 多变指数; 数量	δ	厚度, m
N	压缩腔室对数	ϵ	制冷系数; 压力比; 修正系数
n	转速, rpm		
P	功率, W 或 kW		
p	压力, Pa 或 bar		

符号	符号意义, 单位	符号	符号意义, 单位
ζ	热力系数	b	沸腾
η	效率	c	逆卡诺循环; 压缩或冷凝
λ	导热系数, $W/(m \cdot K)$	d	传动
μ	供热系数; 动力黏度, $N \cdot s/m$	e	蒸发, 电机
ν	运动黏度, m^2/s	f	介质; 肋片; 附加
θ	过剩温度, $^{\circ}C$	fou	污垢
ξ	析湿系数; 浓度, kg/kg 或 $\%$	g	气体
ρ	密度, kg/m^3 ; 浓度, $\%$	H	高压级, 高温级
σ	传湿系数, $kg/(m^2 \cdot s)$; 斯蒂芬—玻耳兹曼常数, $5.67 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$	i	指示值, 内部
τ	肋化系数	in	输入, 内部
ϕ	热流量, W 或 kW	k	冷凝
φ_p	空气的相对湿度, $\%$	L	低压级, 低温级
ψ	热流密度, W/m^2 或 kW/m^2 ; 相对偏心距	l	液相
准则数		m	平均, 中间, 湿球; 摩擦
Bo	沸腾特征数	o	外部
Co	对流特征数	out	输出; 外部
Fr	弗劳德数	p	定压; 旁通
Gr	格拉晓夫数	r	制冷剂; 浓(溶液)
Nu	努谢尔特数	s, c	再冷
Pr	普朗特数	s, h	过热
Re	雷诺数	t	稀(溶液)
下角标		th	理论
0	蒸发	v	定容; 容积
1, 2, 3...	表示一个系统或一个循环的不同点, 或不同时间间隔	w	冷却水; 水
a	空气; 绝热过程	z	管束
		上角标	
		'	液相或修正后的物理量
		"	气相

绪 论

随着经济的快速发展、人们生活水平的不断提高和食品出口加工行业的不断扩大，市场对食品的内在质量、新鲜度、营养、风味等方面的要求越来越高。降低温度是目前保存食品的最好方式。通过对冷冻冷藏原理的了解，掌握冷冻冷藏设备和装置的原理和性能，为更好地在低温下保证食品的品质至关重要。

一、冷冻冷藏原理

食品富含蛋白质、脂类、糖、维生素、酶、矿物质和水等化学成分，是人类赖以生存的重要物质基础，将食品置于空气中，由于生物、化学和物理等因素会发生腐败、变质而不能食用，冷冻冷藏即是为防止食品的腐败。对动物性食品，主要是降低温度防止微生物的活动和生物化学变化；对于植物性食品，主要是保持适当温度，控制好呼吸作用，以保持食品的良好质量。

1. 温度对微生物的作用

引起食品腐败的微生物有细菌、酵母菌和霉菌，以细菌最为明显。温度降低，微生物的生长速率降低，当温度降低到 -10°C 时，大多数微生物会停止繁殖，部分出现死亡，只有少数微生物缓慢生长。影响微生物低温下活性降低的因素有温度、降温速率、水分存在状态、食品的成分、冻藏过程的温度变化等。

2. 温度对酶活性的影响

酶的活性与温度有关，在一定的温度范围内，酶的活性随温度的升高而增大。在低温下，酶的活性显著下降，但并不完全失去活性，在长期冷冻冷藏过程中，酶的作用仍然可使食品变质。食品解冻后，随着温度的升高，仍保持活性的酶将重新活跃起来，加速食品的变质。食品的低温贮藏要根据酶的品种和食品的种类而定。

二、冷冻冷藏方法

不论是植物性食品还是动物性食品，在冷冻冷藏过程中将发生一系列变化，不同的食品应选择合适的冷冻冷藏温度，以达到有效抑制酶的作用。根据要求温度的不同，食品冷冻冷藏装置分为冷却冷藏装置和冷冻冷藏装置。

1. 食品的冷却和冷藏

冷却是快速排出食品内部的热量，将食品的温度降低到接近食品的冰点，但不冻结的一种冷加工手段，从而抑制食品中微生物的活动和繁殖，抑制食品中酶的分解作用，使食品的良好品质及新鲜度得以很好地保持，延长食品的保藏保质期，是广泛采用的一种延长食品贮藏期的方法。冷藏是冷却后的食品在冷藏温度(通常 0°C 以上)下保持食品不变质的贮藏方法。食品在冷却、冷藏过程中的变化与食品的种类、成分及冷却冷藏条件密切相关。新鲜肉类食品原料在冷却过程中的成熟作用有助于提高肉的品质，改善肉的风味。但

各种食品的其他变化,如水分的蒸发、干耗的形成、水果蔬菜的冷害、肉类变色、畜禽寒冷收缩等均不同程度使食品的品质下降。

2. 食品的冻结和冻藏

经冷却的食品,温度在冰点以上,肉体细胞中的水分尚未冻结,在冷藏间温度和湿度条件下,微生物和酶的活动能力没有终止。将食品冻结,使食品温度降低到汁液冻结的温度,以制造不利于微生物生长、繁殖的条件,延缓食品内的各种生化反应,防止食品的品质下降,使食品长期贮存并适应长途运输的需要。冷却介质的温度、对流换热系数、食品成分、脂肪和空气含量、食品规格等影响冻结速度。冻结速率高,食品的细胞内外同时产生冰晶,形成的冰晶小、分布均匀、细胞膜破损小,解冻时细胞汁液流失少,食品的品质高。食品的冻藏是将食品保持在冻结点以下,以保证食品长期贮藏的方法。在食品的冻藏过程中应尽量减小食品的体液流失、干耗和蛋白质变性,以保证食品的质量。

三、冷冻冷藏装置的种类

1. 预冷装置

将食品从初始温度迅速降至所需要的冷藏温度,迅速排除田间热,抑制其呼吸作用,保持水果蔬菜的鲜度,延长储藏期。常见的预冷方式有:差压预冷、真空预冷和冷水预冷。

2. 速冻装置

使食品迅速通过其最大冰结晶区域的冻结方法,最大限度地保持食品原有的营养价值和色香味。速冻装置多种多样,根据冻结装置的结构特征和热交换方式可分为:强烈吹风连续式速冻装置、隧道式冻结装置、接触式冻结装置和直接冻结装置。

3. 冷藏库

冷藏库为食品加工和贮藏提供低温环境,必要的温度和湿度条件。可以按结构形式、温度、用途、储藏食品种类、冷加工功能、容量等进行分类。

(1) 按结构形式分:土建式冷库、装配式冷库、山洞式冷库和夹套式冷库等。

(2) 按冷库温度分:高温冷藏库、低温冷藏库和超低温冷藏库。

(3) 按用途分:生产性冷库、分配性冷库、中转冷库、终端冷库、租赁冷库和商业冷库等。

(4) 按贮藏原理分:温度控制库、气调控制库及冰温控制库。

(5) 按冷加工功能分:预冷冷藏库、冷却物冷藏库、冻结物冷藏库、速冻库、贮冰库、气调库等。

(6) 按冷库容量分:大型冷库、大中型冷库、中小型冷库和小型冷库。

4. 真空冷冻干燥装置

在真空干燥之前先将物料冷冻到该物料的结晶点温度以下,待物料完全冻结后再进行真空干燥。真空冷冻干燥装置发展快、种类多,分类方法主要有以下几种。

(1) 按物料的冷冻地点分:冻干合一型和冻干分离型。

(2) 按冷冻方式分:静态冷冻、动态冷冻、离心冷冻、滚动冷冻、旋转冷冻、喷雾冷冻、气流冷冻等。

(3) 按捕水器的位置分:内置式和外置式两种。

(4) 按采用的真空系统分：水蒸气喷射泵型和捕水器加机械泵型两种。

(5) 按冻干箱内搁板上的加热方式分：直接加热和间接加热两种。

(6) 按加热采用的工质分：油、水、水蒸气加热以及电加热。

(7) 按生产方式分：连续式和间歇(周期)式。

5. 冷藏运输装置

食品从生产地到消费地之间的批量运输，以及消费区域内冷库之间和销售店冷柜之间的中、长途低温运输及短途送货，主要有铁路冷藏车、冷藏汽车、冷藏船、冷藏集装箱、冷藏飞机等低温运输工具。

6. 商业冷柜

指供贮存或零售食品的具有适当容积的隔热箱体，是现代商业和饮食业用来短期贮存食品和销售食品的主要制冷装置。冷柜按照用途、使用条件、结构形式等分类。

(1) 按用途分：根据贮存食品的不同，可分为冷藏柜、冷冻柜以及组合式冷柜(冷藏冷冻柜)等。

(2) 按使用条件分：根据使用地区，可设计制成温带型和热带型两种形式，适用于不同的工作条件。

(3) 按结构形式分：可分为立式冷柜和卧式冷柜。

(4) 按内容积大小分：冷柜的内容积通常在 $0.4 \sim 3\text{m}^3$ 之间，内容积小于 0.4m^3 的冷柜为家用冷柜，大于 3m^3 的冷柜常制成组合式冷库。

此外，冷柜分为单门、多门，贮藏室有单个、多个等。

7. 制冰装置

广泛地应用于商业和饮食业，可制造出形状各异的冰，有板状冰、薄片冰、方块冰、管冰以及棒状冰等。按照制冰部件的结构形式可分为：冰模式制冰机、平板式制冰机、棒式制冰机、管式制冰机。

四、冷冻冷藏的发展趋势

随着现代食品工业的发展，对食品的冷冻冷藏保鲜提出了越来越高的要求。防止食品变质与污染，保证食品的质量及卫生，保持食品的品味，减少不必要的损耗，降低保鲜成本。今后的发展趋势主要表现在以下几个方面：

1. 冷链物流

发展冷藏冷冻类食品的仓储及配送，构建现代冷链物流平台。冷冻冷藏企业建立连锁超市的配送中心，形成食品冷冻冷藏供应链，将食品从产地收购、加工、贮藏、运输、销售，直到消费者的各个环节都处于标准的低温环境之中，为冷冻冷藏保鲜食品提供全程保温保障，采用冰温保鲜技术、全温层冷链物流、多品温低温物流等保鲜技术。

(1) 针对不同种类的食品对物流环境中的温度、湿度的不同要求，为达到不同产品的最佳贮藏质量和最长的贮运期，应对不同食品设定其最适宜的储存温度，明确各大类具体食品的温度和湿度指标及储存期限，以及运输、仓储、配送、销售各环节低温的对接要求。

(2) 充分利用现有的冷库设备，加速对生产淡季和原料资源不足时，处于闲置耗能状态的冷库的技术改造，提高冷库的利用率。发展质量可靠、施工速度快、工期短、易于控

制,适于单层和中小型的装配式冷库。

(3) 发展先进的冷藏运输设备,开发通风、气调、液氨、保温、冷板等多种类的机冷式冷藏集装箱。发展铁路、公路、水路的联合运输网,形成多式联运体系,降低运输成本、提高货物运输速度,减少能源消耗,保证食品质量。

(4) 开发流化冰技术,较长时间地维持恒温,有效抑制食品内细菌的繁殖,降低氧化速度和脱水速度,延长食品的保鲜期,实现快速、高效、无损伤地冰温保鲜食品。

2. 制冷设备

为保证食品在整个物流过程中维持低温,开发各档次、功能多样化的分体式或一体化且配有电子技术的自动化机组,将计算机与自动化技术广泛应用于整个制冷系统的自动控制中,发展先进的新型制冷技术,减少能耗、噪声和环境污染,向操作方便、灵活多样、高效安全、环保节能的方向发展,开发质量稳定、可靠性好、性能指标高、自动化水平高、系统匹配性能好、选用方便的制冷设备,延长产业链,降低工程造价。

(1) 利用变频控制器根据设定的温度及热负荷的变化,自动控制压缩机的转速,实现制冷量供需平衡和制冷系统的高效率运行;选用配有高效油分离器和油位控制器的并联压缩机组,利用微电脑控制器,根据设定的温度及负荷的变化实现分级能量调节,发挥单台压缩机的效率,提高制冷系统的可靠性,增强制冷机组的制冷能力;选用没有吸、排气阀的回转式制冷压缩机,提高系统的效率。发展全封闭式压缩机的关键技术,提高食品冷冻冷藏链销售终端的展示柜和冰箱的技术水平。

(2) 进行 NH_3 、 R290 、 CO_2 等自然工质制冷系统新结构、新工艺和新技术的开发,减少对被冷冻冷藏食品的污染,保证食品的品质,实现自动化、小型化、机组化,减少制冷设备的投资,提高系统的运行效率,降低能源消耗,减少环境污染。

(3) 提高食品冷冻冷藏装置制冷系统关键设备的设计和制造水平,满足制造工艺、材料、可靠性、自动控制、清洗系统以及卫生保证等方面的要求,保证质量与国际接轨、达到国际通用的高标准。

第一章 食品冷加工技术

食品按其来源可分为动物性食品(包括肉类、蛋类、乳品、水产品等)和植物性食品(包括粮食、水果、蔬菜等)。食品中含有人体所需的营养成分,如蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素、酶、水和矿物质等。

食品的营养成分和食用价值很大程度上取决于新鲜食品的原始质量,但常温下食品的原始质量很难长久保持。因此,人们一直在探索食品的贮藏保鲜方法。迄今为止,比较成功的有干制法、熏制法、盐腌法、糖渍法、冷加工法等。研究和实践表明,冷加工法最能保持新鲜食品的原有形态、质量、营养成分和新鲜度。

第一节 食品贮藏保鲜机理

一、食品的腐败与变质

在常温下贮藏时,新鲜的鱼、肉、禽、蛋、果蔬等食品的色、香、味、外观、形状和营养成分都会发生变化,结果使食品的质量逐渐下降。如果贮存时间长,食品的成分就会发生分解变化,以致完全不能食用。食品的这种变化,称为食品的腐败与变质。

引起食品腐败变质的主要原因有三种:

(1) 微生物和酶的作用。食品从采摘或捕获、加工、贮藏、运输到销售等环节中,很容易受到微生物的污染与侵袭。新鲜食品中又含有大量水分和丰富的营养物质,适宜于细菌、酵母、霉菌等微生物的生长、繁殖。微生物在生命活动过程中会分泌各种酶类物质。酶是一种特殊的蛋白质,是活细胞产生的一种有机催化剂,它可以促使食品中的蛋白质、脂肪、糖类等营养成分发生分解,使食品的质量下降,进而出现发霉、发酵或腐败变质。微生物和酶的作用是动物性食品变质的主要原因,同时也会引起植物性食品的腐败变质。

(2) 呼吸作用。植物性食品,主要是果蔬类食品,在采摘以后,虽然不再继续生长,但仍然是有生命的活的物体,必须通过呼吸作用,依靠自身的物质消耗来维持生命的代谢活动;但呼吸作用过强,放出的热量增加,使温度升高,微生物乘虚而入,使食品彻底腐烂。所以植物性食品的贮藏保鲜机理更为复杂。

(3) 化学作用。主要是由于食品碰伤、擦伤后发生氧化而使食品变色、变味、腐败。如维生素 C、天然色素的氧化破坏,油脂与空气接触发生的酸败等。

虽然上述三种原因各有特点,但它们不是孤立存在的,而是相互影响的,并且有时是同时进行的。例如水果碰伤后,伤口迅速氧化、变色,呼吸强度也就加大,天然的免疫力开始减弱,以至丧失,微生物乘机侵入繁殖,使水果腐烂。因此,要防止食品变质,必须对这三种使食品腐败变质的原因联系起来分析。

二、食品的冷藏原理

微生物的生长繁殖和酶的催化都需要一定的温度和水分,其适宜温度范围为 $0\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。高温($>80^{\circ}\text{C}$)和低温($<0^{\circ}\text{C}$)都可以抑制或终止微生物的生长繁殖,并减弱酶的活性,从而延长食品的贮藏期。

此外,低温下微生物的新陈代谢会被破坏,其细胞内积累的有毒物质及其他过氧化物能导致微生物死亡。当食品的温度降至 -18°C 以下时,食品中90%以上的水分都会变成冰,所形成的冰晶,还可以以机械的方式破坏微生物细胞,造成微生物死亡。因此,动物性食品长期保存通常要冻结到 -18°C 以下,并在 -18°C 以下的冷藏库中保存。

对于果蔬等植物性食品,需要通过呼吸活动控制引起食品变质的酶的作用,并抵抗外界微生物的侵入。降低贮藏环境的温度,可以减弱其呼吸强度、降低物质的消耗速度,延长贮藏期。但是,贮藏温度不能过低,否则会引起果蔬活体的生理病害,以至冻伤。此外,鲜蛋也是活体食品,当温度低于冻结点时,其生命活动也会停止。因此,植物性食品和鲜蛋等一般都是在冷却状态下进行低温贮藏。

三、食品冷加工工艺

食品冷加工的主要目的是改变物质与温度有关的状态,温度是冷加工技术的主要调节参数。食品冷加工工艺主要指食品的冷却、冻结、冷藏、加热和解冻的方法等。正确地选择食品冷加工条件(冷空气的温度、流速、相对湿度,食品的初始及终了温度以及冷加工时间)是保证食品高质量和减少损失的关键所在。

1. 食品的冷却

冷却是指将食品的温度降低到某一指定温度,但不低于食品汁液的冻结点(冻结点是指食品中的水分开始结晶时的温度)。冷却的温度通常在 10°C 以下,其下限为 $-2\sim -4^{\circ}\text{C}$ 。食品通常是在空气(各种不同流速)、液体(盐水)、冰水或者真空状态中冷却的。食品的冷却贮藏,可延长它的贮藏期,并能保持其新鲜状态。植物性食品通常在冷却状态下贮存。但对于动物性食品,由于在冷却温度下细菌、霉菌等微生物仍能生长繁殖,因此只适宜于短期贮藏。

2. 食品的冻结

冻结是指将食品的温度降低到食品汁液的冻结点以下,使食品中的水分大部分冻结成冰。国际上通常推荐冻结到 -18°C 以下。冻结食品中微生物的生命活动及酶的生化作用均受到抑制,因此动物性食品可以在冻结状态下长期贮藏。

3. 食品的冷藏

冷藏是指食品保持在冷却或冻结终了温度的条件下,将食品低温贮藏一定时间。根据食品冷却或冻结加工温度的不同,冷藏又可分为冷却物冷藏和冻结物冷藏两种。冷却物冷藏温度一般在 0°C 以上,冻结物冷藏温度一般为 -18°C 以下。对一些多脂鱼类和冰淇淋,欧美国家建议冷藏温度为 $-30\sim -25^{\circ}\text{C}$,以获得较高的品质和延长贮藏期。

4. 食品的加热和解冻

当冻结食品需要在厨房下厨或在工厂加工时,食品需要进行加热和解冻。加热和解冻的目的主要是使食品恢复到其原始(冻结前)状态。解冻是冻结的逆过程。在传热温差基本相同时,解冻过程会比冻结过程慢一些。常规的解冻过程会存在较大的温度梯度。对于作

为加工原料的冻结品，一般只需升温至半解冻状态即可。

随着人民生活水平的提高，消费者对食品质量的要求也在不断提高，冰温冷藏和微冻冷藏是近年来迅速崛起的两种食品冷加工新方法。

(1) 冰温冷藏是将食品贮藏在 0℃ 以下至各自的冻结点范围内，属于非冻结冷藏。冰温冷藏可延长水产品的贮藏期，但可利用的温度范围小，一般在 -2~-0.5℃，故温度带的设定非常困难。

(2) 微冻冷藏将食品降到冻结点以下 1~2℃ 的环境中贮存。这时，食品内部分水分被冻结，能达到对微生物生命活动和酶的活性的抑制作用，使食品能在较长时间内保持其鲜度，不发生腐败变质。微冻冷藏法的贮藏期约比冰温冷藏法长 1.5~2 倍。各种冷藏方式的温度要求及适用食品如表 1-1 所示。

各种冷藏方式的温度要求和适用商品 表 1-1

冷藏方式	温度范围(℃)	主要适用商品
冷却物冷藏	>0	蛋品、果蔬
冰温冷藏	-0.5~-2	水产品、肉类
微冻冷藏	-3	水产品、肉类
冻结物冷藏	-18~-28	肉类、禽类、水产品、冰淇淋

第二节 食品冷藏条件

食品的冷藏要求主要指冷藏时的最佳温度和空气的相对湿度。有些食品在冷藏前要经过加工处理(如腌、熏、烤、晒等)。表 1-2~表 1-4 列出了部分食品的贮存温度、空气中的相对湿度和贮藏期。此处的贮藏期是指保持该食品新鲜与高的商品质量而言的贮藏时间，而不是基于营养成分变化而言的。贮藏温度是指长期贮藏的最佳温度，它是指食品的温度，而不是空气的温度。

部分肉类和蛋类食品的冷藏条件 表 1-2

食品名称	冷藏方式	贮藏条件		贮藏期
		温度(℃)	相对湿度(%)	
猪肉	冷却	0~1.1	85~90	3~7 天
	冻结	-23.3~-17.8	90~95	4~8 个月
香肠	散装	0~1.1	85	1~7 天
	烟熏	0	85	7~21 天
牛肉	冷却	-2.2~1.1	88~90	7 天
	冻结	-23.3~-17.8	90~95	6~12 个月
羔羊肉	冷却	-2.2~1.1	85~90	21~28 天
	冻结	-23.3~-17.8	90~95	8~12 个月
鱼类	冷却	-0.6~1.1	95~100	10~18 天
	冻结	-28.9~-20	90~95	6~12 个月