



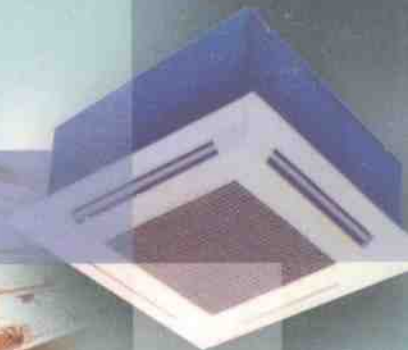
人力资源和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21世纪 | 规划教材
高等职业教育 | 双证系列

制冷原理

主编 \ 殷 浩 徐德胜

上海交通大学出版社



人力资源和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21 世纪

规划教材

高等职业教育

双证系列

制冷原理

主 编 殷 浩 徐德胜

副主编 文茂华 孙兆礼

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书是高职院校制冷与空调专业的主要教材之一,全书共8章:制冷技术概况、制冷的热力学基础、制冷剂、单级蒸气压缩式制冷原理、两级压缩及复叠式制冷循环、吸收式制冷循环、其他形式的制冷循环与方法、热泵原理与应用等。附录一为制冷剂特性表和图,提供制冷系统热力计算用的特性参数;附录二为制冷工国家职业标准,内容为制冷工初级、中级、高级和技师的培养、考核、发证的具体要求,以及应该达到的技能标准,可供考证参考。书末有制冷原理与系统的彩色插页,帮助读者加深对制冷原理理论知识的了解,更直观地了解制冷机和制冷系统的结构与工作过程,比较全面地掌握制冷的基本知识,提高学习后续专业课的兴趣。

本书除作教材外,也可供制冷与空调行业的技术人员、管理人员、维修技工和专业知识自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

制冷原理/殷浩,徐德胜主编. —上海:上海交通大学出版社,2009

(21世纪高等职业教育规划教材双证系列)

ISBN978-7-313-05343-5

I. 制... II. ①殷... ②徐... III. 制冷—理论—高等学校:技术学校—教材 IV. TB61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 210072 号

制 冷 原 理

殷 浩 徐德胜 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

常熟市华通印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12 插页:8 字数:315千字

2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

印数:1~2030

ISBN978-7-313-05343-5/TB 定价:32.00元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等职业教育规划教材
双证系列 编审委员会

制冷与空调专业委员会

主任:匡奕珍

副主任:徐德胜 崔建宁 陈礼 谢一风

委员:(按姓氏笔画排序)

王一农	王琪	王寒栋	朱立	刘佳霓	余华明
邵长波	花严红	邹新生	林永敬	林刚	罗伦
郑光文	郝瑞宏	聂玉强	徐言生	殷浩	隋继学
黄敏	逯红杰	程瑞端	魏龙		

秘书:殷浩(兼) 易文娟(组稿编辑)

前 言

2004年,教育部对高等职业教育进行改革,提出了“以市场需求为目标,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”的指导思想。根据教育部的最新精神,高职教育将以“就业导向、产学结合、改革学制、推行双证、订单培养、打造银领”为工作方针,加快培养社会紧缺的制造业技能型、应用性人才。专家指出,在高等职业教育中实行“双证制度”,将职业资格证书(或技术等级、行业培训证书)制度推向高职院校,用证书推动培养模式和教学内容的改革,既是国外职业教育的历史经验,也是我国发展职业教育的必由之路。

从2004年开始,21世纪高职教材编委会组织了全国各地50多所高职院校的教师,对“高职‘双证课程、加强实训’专业课程体系与教材改革方案”进行研究和论证,制定了30个专业“双证课程”的教材编写计划,并从2007年开始由上海交通大学出版社陆续出版。其中由制冷空调专业委员会组织编写的多种教材已经出版,如《中央空调操作实训》、《制冷与空调自动控制》、《中小型冷库技术(第二版)》、《冷库运行管理与维修》等,现在与读者见面的《制冷原理》是一本全新的双证教材,它将为学习制冷空调技术奠定理论基础,以拓展专业知识的视角导入新知识和新技术,并在内容上对应人力资源社会保障部制冷工(高级)职业资格证书。全书共8章:(1)概论;(2)制冷的热力学基础;(3)制冷剂、载冷剂和润滑油;(4)单级蒸汽压缩式制冷循环;(5)两级压缩及复叠式制冷循环;(6)吸收式制冷循环;(7)其他制冷循环和方法;(8)热泵原理及其应用。为了扩大读者的知识面,加深对制冷基础知识的理解,书后附录中精心安插了16个彩页,内容为制冷原理与方法、典型制冷系统、吸收式冰箱、溴化锂冷水机组、氨-水吸收式冷水机组、住宅吸收式空调机和热泵机组等。本书可作高职院校的教材,也可作为制冷行业技术人员、高级技工和技师的专业参考书。

本书由多所院校的老和制冷企业的技术人员合作编写,由殷浩(苏州经贸职业技术学院)和徐德胜(上海交通大学)任主编,文茂华(艾默生环境优化技术苏州研发中心)和孙兆礼(上海工程技术大学)任副主编,21世纪高等职业教育规划教材编审委员会副主任、制冷空调专业委员会主任匡奕珍教授对编写工作提供了指导,各位专业委员也提出了许多有益的意见和帮助,编者在此深表感谢!由于编者的理论知识和教学经验不足,书中如有缺点和错误,恳请同行专家和广大读者批评指正(联系方式为 yhcool@163.com 殷浩)。

主编

2008年8月

目 录

第 1 章 * 概论	1
1.1 制冷技术的概况	1
1.2 制冷技术的应用	2
1.3 食品知识及冷藏原理	3
1.4 空气参数与人体舒适	9
第 2 章 制冷的热力学基础	11
2.1 相变制冷.....	12
2.2 无相变制冷.....	18
2.3 制冷的热力学原理.....	19
第 3 章 制冷剂、载冷剂和润滑油	24
3.1 制冷剂与环保概述.....	24
3.2 常用制冷剂的种类及特性.....	31
3.3 载冷剂的种类及特性.....	37
3.4 制冷机用润滑油及特性.....	40
第 4 章 单级蒸气压缩式制冷原理	45
4.1 卡诺循环与逆卡诺循环.....	45
4.2 单级蒸气压缩式制冷理论循环.....	47
4.3 单级蒸气压缩式制冷理论循环的热力计算.....	51
4.4 制冷剂过冷、过热及回热循环	53
4.5 单级蒸气压缩式制冷循环特性分析.....	56
4.6 单级活塞式制冷压缩机的工作过程.....	59
4.7 单级活塞式制冷压缩机功率及制冷量的计算.....	62
4.8 单级蒸气压缩式制冷实际循环.....	65
第 5 章 两级压缩及复叠式制冷循环	73
5.1 采用多级压缩式制冷循环的原因.....	73
5.2 两级蒸气压缩式制冷循环.....	74
5.3 两级蒸气压缩式制冷循环的热力计算.....	79
5.4 采用复叠式制冷循环的原因.....	90

第 6 章 吸收式制冷循环	94
6.1 吸收式制冷的工作原理	94
6.2 溴化锂吸收式制冷循环	100
6.3 单级氨-水吸收式制冷机循环	113
6.4 * 吸收-扩散式制冷机	116
第 7 章 * 其他制冷循环与方法	120
7.1 蒸气喷射式制冷循环	120
7.2 非共沸制冷剂的制冷循环	123
7.3 气体膨胀制冷循环	126
7.4 气体涡流制冷原理	129
7.5 固体物质吸附式制冷	133
7.6 热电制冷和磁制冷	134
第 8 章 * 热泵的原理与应用	144
8.1 热泵的工作原理	144
8.2 热泵的特点	144
8.3 热源的种类	145
8.4 热泵的分类及应用	146
8.5 中央空调采暖系统及使用特点	150
附录 1 制冷剂特性表和图	157
附录 2 制冷工国家职业标准	169
附录 3 源于蒸发制冷原理的一项发明	177
参考文献	179
彩色插页 制冷原理和系统彩图精选	182

(带 * 的章节供不同院校任课教师选用参考)

第1章 概 论

制冷又称“致冷”，是人工制造低温(低于环境温度)的技术。制冷技术是一门研究人工制冷原理、方法、设备及应用的科学技术。在工业生产和科学研究上，常把制冷分为“普冷”和“深冷(又称低温技术)”两个体系。前者的制冷温度高于 -120°C ，一般是利用液态工质(即制冷剂，如氨、氟利昂和丁烷等)汽化时产生的冷效应而制冷；后者的制冷温度低于 -120°C ，一般是利用气态工质(如空气、氢和氦等)膨胀时产生的冷效应制冷。但是，它们的划分界限也不是绝对的，也有以 -100°C 来为普冷和深冷划界。

制冷技术的研究内容可概括为以下三方面：

① 研究获得低温的方法和有关机理，以及与此相应的制冷循环，并对制冷循环进行热力学分析和计算。

② 研究制冷工质的性质，从而为制冷机提供性能满意的制冷剂。制冷机要通过制冷剂热力状态的变化才能实现制冷，所以制冷剂的热物理性质是进行循环分析和计算的基础。另外，为了制冷剂的实际应用，还须掌握它们的物理和化学性质。

③ 研究制冷循环所必需的各种机械设备、控制仪表和系统等，以及它们的工作原理、性能分析、结构设计、流程组织、系统配套、设备隔热及自动化运行等。

上述的①和②构成制冷的理论基础，即《制冷原理》的课程内容；③涉及到制冷机器、设备和系统，自动控制及运行调节等专业课程。

制冷的主要理论基础是工程热力学和传热学等。

(以下内容由学生自习)

1.1 制冷技术的概况

很早以前，人类利用天然冷源(冬季贮藏起来的冰雪)来保存新鲜食品，在夏季也用温度较低的地下水来防暑降温，这些方法还沿用至今。但是随着生活和生产的需要，天然冷源已不能满足实际的要求，迫使人们去实现人工制冷。

在科学实验中，人们发现了冰(雪)和盐混合时有制冷效应，并利用它来冷却饮料或短期保存新鲜食品。这种方法开创了人工制冷的先例。自从1834年英国人波尔金斯制成第一台用乙醚作制冷剂的制冷机以来，制冷技术不断发展和完善，生产了建立在不同原理上工作的各种制冷机，其中有1844年美国高斯发明的空气压缩式制冷机；1862年法国人卡尔里制成的吸收式制冷机；1874年瑞士人皮克首先制造了以二氧化硫作制冷剂的制冷机；同年德国人林杰发明了氨制冷机，它成了公认的制冷机始祖，对制冷技术的实用化起了重大作用。以后又出现了以二氧化碳为制冷剂的制冷机(1881年)，以水为制冷剂的蒸汽喷射式制冷机(1890年)，以氟利昂为制冷剂的制冷机(1930年)，后者给制冷机的发展开辟了新的道路。到了20世纪60年代，半导体制冷(又称热电或温差电制冷)又独树一帜，成为制冷技术的新秀，对微型制冷器

的发展起了推动作用。

在制冷技术的发展道路上,蒸气压缩式制冷始终处于主导地位。从上世纪初开始,随着科学技术的进步,制冷机出现了多种类型,机器转速提高使设备紧凑,制冷剂性能逐步优化有利得到更低的温度,系统逐步完善并实现自动控制。这些进步,都促使制冷技术发展成为一个成熟的工程领域,在国民经济中占有一定的地位。

空调是空气调节的简称,它是通过对空气的处理使室内温度、湿度、气流速度和洁净度(简称“四度”)达到一定要求的工程技术。夏季空调离不开制冷所提供的冷源,因此制冷与空调是两门密切相关的应用技术。空调技术的诞生,有效地完善了工业生产中需要不同温湿度的工艺过程,也创造了舒适的人工气候环境,为人们的居住、旅游和娱乐提供了良好的条件。

19世纪后半叶,纺织工业的迅速发展使空调技术接受了巨大的挑战,解决纺织厂车间的“四度”成了当务之急,美国工程师克勒默负责设计和安装了美国南部三分之一纺织厂的空调系统,申请了60项专利,并于1906年为空调(airconditioning)正式定名。被美国人称为“空调之父”的开利尔于1901年创建了第一个暖通空调实验室,1911年12月他得出了空气干球温度、湿球温度和露点温度的关系,以及空气显热、潜热和焓值计算公式,给出了空气的焓湿图,成了空调理论的奠基人。1922年开利尔又发明了离心式制冷机,推进了空调技术的发展。1937年他又发明了节省大部分风管的空气-水诱导系统。到20世纪60年代,这模式又发展为风机盘管系统,更加具有生命力,在世界各国一直盛行至今。

舒适空调的发展远远迟于工业空调,20世纪20年代,美国才在几百家影剧院设置空调系统。与此同时,整体式空调机组,也就是平时所说的空调器(机),也得到了发展,成为家庭和办公室的设备用品。80多年来空调器技术发展迅速,窗式、分体挂壁式、分体柜式等多种类型满足了用户的需要。近20年来生产的微电脑控制空调器实现了制冷、制热、除湿、通风、睡眠工况的自动控制,使舒适空调成为人们工作、休息和娱乐中的一种享受,家用空调已开始普及到城乡人民的千家万户。

在我国,制冷技术的迅速发展还是近30年来的事,由于社会主义现代化建设事业蓬勃发展和人民生活水平的提高,促使制冷技术加快发展步伐,向世界先进水平靠近。目前,我国的制冷工业已建立了完整体系,已能生产各种类型多规格的制冷机。特别是电冰箱和空调器的生产值得一提,在短短的10年内,我国电冰箱和空调器工业经历了试制、引进、开发的道路,一举成为电冰箱、空调器和大中型制冷设备的生产大国,其产品质量可以与日本、美国、意大利等国媲美,并已走向世界市场。

1.2 制冷技术的应用

制冷技术的应用范围与涉及的温度区域非常广阔,从工农业生产到日常生活,从接近于绝对零度的最低温到室温或更高。制冷的应用范围一般可分为三个温区:

- ① 低温区(约 -100°C 以下)主要用于气体液化、低温物理、超导和宇航研究。
- ② 中温区($-100^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$)主要用于食品冻结和冷藏,化工和机械生产工艺的冷却过程,冷藏运输等。
- ③ 高温区($5\sim 50^{\circ}\text{C}$)主要用于空气调节和热泵设备。

制冷技术在国民经济、国防、科研和日常生活方面的应用,可以分为以下几种:

① 在食品工业中应用最早,由于肉、鱼、禽蛋蔬菜等易腐食品的生产有着很强的季节性,为了旺、淡季节的调剂及运输,必须以冷藏手段来保存食品。冷藏库、冷藏箱、冷藏运输车船等都为此目的服务。另外,冷饮品的生产、酿酒和其他的食品生产过程,也都离不开制冷技术。

② 在工业生产上,制冷的应用是极其广泛的,例如石油化工、有机合成、基础化工(酸碱生产)等工业生产工艺流程中的分离、精炼、结晶、浓缩、提纯、液化、反应温度控制等,都需要制冷技术。许多现代工业靠制冷空调获得恒温环境。

③ 在农业方面,耐寒品种的培植、微生物除虫、冷冻精液保存、人造雨雪以及化肥生产等,也都离不开制冷技术。

④ 在建筑工程及矿井、隧道施工过程中,常常用制冷来冻结土壤,造成冻土围墙来防止进水,或增加土壤的抗压强度;工业和民用建筑的许多设施,需要空调设备,以保证室内适宜的温湿度。

⑤ 在国防、宇航的设备生产中,需要制冷技术来建立低温环境,对零件和整机进行低温性能试验。在现代通信、激光和红外技术中,需要局部制冷或微型冷源。

⑥ 在医疗卫生方面,许多低温手术、低温麻醉、人工冬眠、血液和器官的保存等,都需要特种制冷技术,其中许多是应用半导体制冷技术。

⑦ 在体育方面,大型设施的环境空调、人工冰雪场等都要有大的制冷装置。

⑧ 在日常生活中,电冰箱、空调器等都是制冷技术的直接应用。可以这样说,现代家庭生话与制冷技术有着极为密切的联系。

⑨ 制冷技术在科学研究上提供了合适的环境温度和特种冷却手段,在促进科技进步方面有着特殊的贡献。

总之,制冷技术的应用是最为广泛的,其前景非常广阔,也需要一支专业的技术队伍为它服务。

1.3 食品知识及冷藏原理

1.3.1 食品的主要成分

食品是人类赖以生存的基本物质,按其来源可分成两大类:植物性食品和动物性食品。前者包括粮食、蔬菜、水果和植物油等;后者包括肉、鱼、禽、蛋、乳品和动物油等。

食品虽然多种多样,但它们的成分都不外乎包括水分、脂肪、蛋白质、糖类、维生素、矿物质和酶等。这些成分及其性质不仅决定着食品的品质和营养价值,而且决定着食品在运输、加工和贮藏过程中的一系列变化。例如,蔬菜和水果在加工过程中维生素含量的损失,蛋白质在冻结时的变性,动物组织在解冻过程中的汁液流失等,还有一些食品放置时间一久,就会发生变质和腐败,以致完全不能食用。

必要的食品知识可为食品的冷冻和冷藏保鲜设计提供理论依据。

1. 水分

水是一切新鲜食品的主要成分之一,如水果的含水量为 73%~90%,蔬菜为 65%~96%,

鱼为 70%~80%，肉为 50%。有些食品的含水量较少，谷物为 12%~14%，食糖为 1.5%~3%。食品中水的存在形式有自由水和结合水两种。前者存在于食品的汁液和细胞液中，冻结食品解冻后它能重新被食品组织所吸收，后者是构成蛋白质或胶体的主要成分，冻结点比自由水低，而且在解冻时不能完全被食品组织所吸收。

食品中的水也是微生物繁殖的必要条件，降低食品中的含水量或使之冻结成冰，就可以阻止微生物的繁殖，延长食品的保存时间。电冰箱中的冻结食品可以保持较长的时间，其原因就是水结成冰后抑制了微生物的繁殖。

2. 脂肪

脂肪在动物性食品和植物的种子中含量较多，如肥猪肉含 29.2%，鸡蛋含 11.6%，牛奶含 3.5%，花生含 39.2%，而在一般蔬菜和水果中含量较少。脂肪按其来源可分为植物脂肪和动物脂肪两大类，在常温下植物脂肪一般呈液体状态，习惯称为油，如豆油、花生油、菜籽油等。动物脂肪在常温下为固体，称为脂，如猪油、牛油、羊油等。

脂肪在食品中占有比较重要的地位，它对人体提供热能，其发热量比同等重量的糖类和蛋白质大一倍多。人体又借脂肪来保持必须的体温，保护神经、肌肉及体内器官。脂肪又是维生素 A、D、E、K 及胡萝卜素的良好溶剂，使它们随脂肪吸收的同时被吸收，起到调节生理机能的作用。

3. 蛋白质

蛋白质是一类复杂高分子含氮化合物，它是构成细胞核和原质体的主要成分，是动植物维持生命活动所不可缺少的物质。各种蛋白质的化学元素组成均很相似，主要由碳、氢、氧、氮、硫和磷组成，少数蛋白质还含有铁、铜和锌等元素。一般情况下，蛋白质中氮的含量为 16% 左右。

自然界中的蛋白质，有液态的如乳汁、血液，也有半液态的如蛋白、肌肉，以及不同致密程度的固态如毛发和角等。

蛋白质对于人体来说是至关重要的，它既是机体的组成材料，又是补充、修复和维持机体的材料。由于蛋白质不能由另外的物质代替，人们必须每天从食品中摄取，一般成年人每天的需要量为 80~100g。

4. 糖类

糖类是自然界中广泛存在的有机质，也是一切生物体的重要成分之一，在人的生命活动过程中其地位仅次于蛋白质。糖类由碳、氢、氧三种元素组成，绝大多数糖类中的氢、氧含量和水中的氢、氧比例一样，因此又称它为碳水化合物。

糖类是动物能量的主要来源，也是人体热量最经济最主要的来源。植物性食品中含有大量糖类，大多是淀粉和纤维素，约占 80%；而在动物性食品中，糖类的含量不多，包括极少量的葡萄糖在内约占 2%。糖类中除了粗纤维不能被人体消化和吸收外，大部分糖类都能被人体所吸收。

5. 维生素

维生素是维持人体正常生命过程所必需的一类有机质。虽然对它的需要量很少，但都起着极其重要的作用，如调节新陈代谢，缺乏维生素会引起各种疾病。人体所需的维生素主要从动物性食品和植物性食品中摄取。

有许多维生素在人体内充当辅助酶，是机体代谢的生物催化剂，可是过多地使用某种维生

素,反而对人体有害无益。了解维生素的种类、性质、生理功能及存在于哪些食物中,对研究食品的营养价值很有用处。

6. 矿物质

矿物质又称无机盐,是人体所有细胞和组织必需的原料,并能调节机体新陈代谢,维持正常的生理功能。它和蛋白质共存,维持各种组织的渗透压力,并同蛋白质组成一个缓冲体系,以维持体内的酸碱平衡。因此,人们必需从各种食品中吸取一定的矿物质。

人体需要多种矿物质,因此不能偏食。矿物质的存在,使食品汁液的冻结点低于 0°C 。

7. 酶

酶是活细胞产生的一种具有特殊催化作用的蛋白质,又称生物催化剂。它脱离活细胞后仍然具有活性。各种食品中都含有少量的酶,它参与并加速食品中物质代谢的各种化学反应,其本身不发生变化。如果对酶不加以控制,食品就会在酶的催化下腐败而变质。

酶的相对分子质量和蛋白质的相对分子质量相近,具有胶体性质。冷冻、振荡、加热等都能引起蛋白质的变性,同样也能引起酶的变性,使它丧失活性。

酶对温度非常敏感,在某一温度下,酶的活性最大,这个温度称为酶的最适宜温度。大多数酶的最适宜温度在 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间。温度上升,酶的活性下降;温度下降,酶的活性也下降;到 0°C 时其催化作用变得非常缓慢。食品的冷藏或冷冻是利用低温使酶停止或完全丧失活性,从而使食品长久保存而不变质。

1.3.2 食品变质的原因

新鲜食品在常温下(20°C 左右)存放,由于附着在食品表面的微生物和食品内所含酶的作用,使食品的色、香、味、外观形状和营养价值发生从量到质的一系列变化,如果久放,食品会腐败或变质,以致完全不能食用。这种变化称为食品变质。

引起食品变质的原因主要有微生物作用、酶作用和非酶作用。

1. 微生物作用

微生物很小,肉眼一般看不见,要用显微镜才能看见。在自然界里,几乎到处都有微生物的存在,食品在常温下放置,很快就会受到微生物的污染和侵袭,从而产生一系列变化,直到腐败变质。引起食品变质的微生物有细菌、酵母菌等,它们在生长和繁殖过程中会产生各种酶类物质,破坏细胞壁而进入细胞内部,使食品中的营养物质分解,质量降低,进而发生变质和腐烂。

微生物对食品的破坏作用,与食品种类、成分和贮藏环境等因素有关。动物性食品中肉类、鱼类和蛋类,植物性食品中的水果和蔬菜等,由于含水分多,营养丰富,容易为微生物的繁殖提供良好的条件,在合适的温度下很快会腐败变质。为了很好地保存食品,必需了解微生物的生长条件,从而采取措施抑制它们的生长和繁殖,延长食品的存放时间。

水分是微生物生命活动所必需的,也是组成它本身的基本成分。微生物借水分进行新陈代谢。因此,食品中的水分越多,微生物越容易繁殖。通常认为食品含水 50% 以上有利于细菌的繁殖和生长。

温度是微生物繁殖和生长的另一个重要条件。各种微生物都有其生长所需的一定范围的温度,超过范围,会停止生长或终止生命。对某种微生物而言,此范围又可分为最低、最适和最

高温度,在最适温度下微生物繁殖最快。根据温度范围,微生物又可分为嗜冷性微生物、嗜温微生物和嗜热性微生物。大多数腐败菌属于嗜温性微生物。

从表 1-1 可以看到,如果环境温度超过微生物的最适宜温度,对它有明显的致死作用,一般细菌在 100℃ 会迅速死亡。微生物对低温的耐力也较差,通常在 0℃ 左右可以阻止微生物的繁殖,但嗜冷性微生物例外。

表 1-1 微生物对温度的适应性

微生物类别 \ 温度范围	最低温度/℃	最适温度/℃	最高温度/℃
嗜冷性	-5~5	20~30	35~45
嗜温性	10~15	35~40	40~50
嗜热性	20~40	55~60	65~75

微生物和其他生物一样,也要进行新陈代谢。食品中的乳糖、葡萄糖和盐类等简单物质,可直接穿透细胞膜而进入微生物内部,而淀粉、蛋白质和维生素等有机物,首先要分解成简单物质,然后才能进入微生物体内。各种微生物对营养物质的吸收有选择性,如腐败菌需要蛋白质,酵母菌喜欢糖类。因此,含蛋白质丰富的食品也特别容易腐败变质。

2. 酶作用

酶作用是指食品本身在酶类作用下使营养成分分解变质的一种现象。无论是植物性食品还是动物性食品,本身都含有少量的酶,在适宜的条件下,酶能促使食品中的蛋白质、脂肪和糖类等分解,产生硫化氢、氨等难闻气体和有毒物质,使食品变质而不能食用。

鱼、肉、蛋、乳等食品富含蛋白质,保存不当,就会腐败变质。蔬菜和水果等虽然含蛋白质少,但在氧化酶的作用下促进自身的呼吸作用,变得枯黄而失去风味,而且由于呼吸热使食品温度升高,加速它们的腐烂变质。另外,霉菌、酵母菌、细菌等微生物对食品的腐败作用,也是由于它们在生活过程中产生各种酶的缘故。

酶的活性与温度有关,在一定的温度范围内(0~40℃),酶的活性随着温度的升高而增强,而在低温下酶的活性就很小。但是,酶本身也是一种蛋白质,随着温度的升高而变性,最后也丧失活性。当温度达到 80℃ 时,所有的酶都会被破坏。

酶和微生物一样,也有最适宜的温度,在这个温度下活性最强,例如在 30~50℃ 时酶对蛋白质的分解最剧烈。低温可以抑制酶作用所引起的食品变质。根据酶的种类和食品的不同,低温贮藏有不同的温度要求,一般要求在一 20℃ 下贮藏,有些食品(如某些鱼类)含有不饱和脂肪酸,则要求在一 25~-30℃ 下贮藏,才能有效抑制酶作用。

3. 非酶作用

非酶引起食品变质包括氧化作用、呼吸作用和机械损伤。例如油脂的酸败,就是油脂与空气接触后发生氧化作用,生成醛、酮、醇、酸等,油脂本身变粘,密度增加,并出现难闻的气味;维生素 C、天然色素(如番茄色素)等也会发生氧化,使食品质量下降或变质。

水果、蔬菜、蛋类等是有生命的活体,在脱离植株或母体之后,仍进行着呼吸作用,逐渐消耗自身的营养成分,导致食品质量下降或变质,放出的呼吸热又使食品发热而加速恶化。缺氧呼吸时,水果和蔬菜为了维持生理活性就要消耗更多的有机质,而且呼吸产物的积聚产生毒害作用,加速食品的变质。因此,水果和蔬菜贮藏除了维持适宜的温度外,还要定时通风换气,防

止缺氧呼吸。

食品在收采、运输、贮藏等环节中常出现刀伤、擦伤和破损等现象,称为机械损伤。损伤会加速食品的氧化,而使它变色、变味和变质。这主要是因为伤口暴露在空气中,食品的某些成分会与氧化合,加速食品的变质和腐烂。例如苹果和马铃薯在受伤破损后,内部的单宁物质(与食品的风味、色泽有密切关系)与空气接触后产生氧化,生成黑色物质(俗称生锈),并开始变色、变味,时间再长一点就会腐烂,以致不能食用。所以这类食品在收采时应保持完整,运输时应轻装轻放,做到文明装卸,贮藏时也要小心入库,减少食品的机械损伤。

细菌、酵母菌、霉菌或酶引起食品变质以及非酶作用引起的腐烂,都是客观存在的实际,但是人们可以用科学方法来延缓或减弱它,冷冻和冷藏就可以实现这一目的。在低温条件下,食品的变质过程非常缓慢,温度越低,其作用愈明显。但不能完全阻止其作用,即使在冻结点以下,食品长时间贮藏后,质量仍会有所降低。因此,各种食品在不同的温度下都有规定的贮藏期限。

1.3.3 食品冷藏原理

食品变质的原因,主要是由外部的微生物和内部的酶引起的,低温能抑制微生物的繁殖和降低酶的活性。在一定的范围内,温度愈低,这种有利的效果就愈明显。处在低温下的食品能保存较长时间而不致变质,这就是食品冷藏的基本原理。图 1-1 充分说明了由于温度降低,使食品延长了贮藏期。本书中食品冷藏这一概念包括:

① 冷却,即食品温度的降低没有引起食品中水分的结冰;

② 冻结,即食品温度降低使食品中的水分大部分结冰。

对于植物性食品,腐烂的主要原因是呼吸作用的影响,例如水果和蔬菜在采收后贮藏时,虽然不再继续生长,但它们仍然是有生命的机体,具有呼吸作用,而呼吸作用能抵抗微生物的入侵。如呼吸过程中的氧化作用,能把微生物分泌的水解酶氧化成无害物质,使水果和蔬菜的细胞不受其害,从而阻止微生物的入侵。因此呼吸作用能控制机体内酶的作用,防止外界微生物的入侵而引起食品的发酵和腐败。但是,呼吸作用要消耗体内物质,使活体逐渐衰老和干枯。因此,要长期贮藏植物性食品,必需维持它们的活性状态,又要减弱呼吸作用。低温能减弱水果和蔬菜类食品的呼吸作用,延长贮藏期限;但温度过低,会使它们冻死,这就要求有合适的冷藏温度。

鱼、肉、禽等动物性食品在贮藏时是无生命的,构成物体的细胞都已死亡,所以不能控制引起食品变质的酶的作用,也不能抵抗引起食品腐败的微生物作用。低温可以抑制酶的作用,也能阻止微生物的繁殖和生长,使食品内部的化学变化变慢,在较长的时间内能维持新鲜状态。因此,动物性食品的贮藏温度越低,保存的时间就越长。但是在冻结温度以上是不能取得明显效果的,因此必需在冻结点以下贮藏才有效。

综上所述,对于植物性食品来说,保持适当的低温以控制呼吸作用,一般存放在电冰箱冷藏室下部或果蔬冷藏的高温冷库中(此处温度在 0°C 以上);对于动物性食品来说,保持足够低的温度($-6\sim-18^{\circ}\text{C}$)以抑制微生物和酶的作用,放置在电冰箱的冷冻室或低温冷库中可保存较长时间,短时间贮藏可放置在电冰箱冷藏室的上部。各种食品的贮藏期与温度的关系见图 1-1。

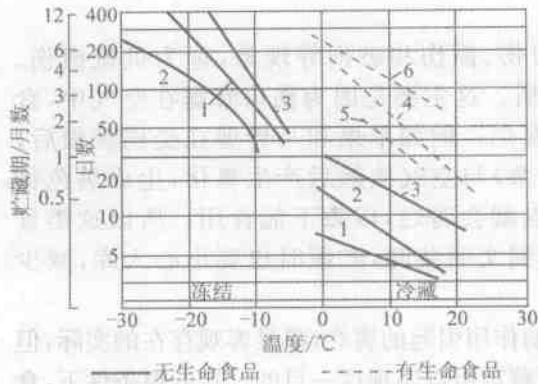
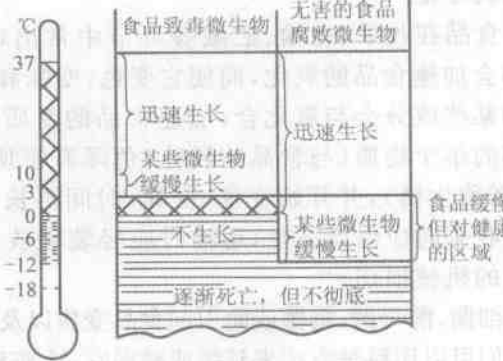


图 1-1 冷冻食品贮藏期与温度的关系

1—生鸡;2—瘦鱼片;3—牛肉;

4—长期贮藏的各种苹果;5—柑橘;6—带壳鸡蛋

图 1-2 食品致毒和食品腐败
微生物生长的温度范围

1.3.4 低温的抑菌作用

细菌、酵母菌、霉菌等微生物的繁殖生长,会使食品变质和腐败。微生物要对食品成分进行分解,以获得生长和繁殖所必需的营养物质。这个过程乃是微生物所分泌的酶的作用,伴随着食品成分的分解,食品的风味变坏,品质恶化,同时由于微生物代谢中形成的中毒成分,导致食品的腐败。

在微生物中与食品中毒和腐败关系最大的是细菌。一般说来,细菌的发育和繁殖速度与温度直接有关,在某个温度范围它们繁殖得快,而离开这个范围则变得缓慢起来。这种温度范围视细菌种类而异。

与食品腐败有关的许多细菌和病原菌是嗜温性细菌,它们是导致食品在常温下变质的主要原因。这种细菌的发育大体在 10°C 以下变慢, 4.5°C 以下时停止生长。而嗜冷性细菌在 0°C 以下时发育变慢, -10°C 以下时停止生长。图 1-2 是上述两种细菌繁殖的温度区域。

霉菌、酵母菌的发育和繁殖与温度的关系和细菌是相同的。酵母菌中有的在 10°C 或 20°C 附近时失去发酵活性,有的在 5°C 时就失去活性,也有生活在 $-2\sim-9^{\circ}\text{C}$ 的酵母菌,因此,为了防止微生物的繁殖,国际制冷协会推荐冻结食品的贮藏温度应在 -12°C 以下。在此状态下,原先附着在食品上的微生物是逐渐减少的,但这个过程非常缓慢,因此低温达不到杀菌目的。当温度降低到 -10°C 以下时,多数细菌都不能发育,但是在食品解冻后,由于表面附着水蒸气,会助长细菌的生长繁殖,所以解冻后的食品应马上食用。

1.3.5 食品的冷藏条件

食品的冷藏包括冷却食品和冻结食品的冷藏,前者简称为冷藏,后者称为冻藏。其目的都是抑制食品中的各种变化。冷藏的库温高于 0°C ,即稍高于食品冻结点的温度,主要用于水果、蔬菜、蛋、奶类食品,也适用于鱼、肉、禽等食品的短期贮藏。冻藏的库温通常在 -18°C 以下,相对湿度为 $96\%\sim 100\%$ 。在这样低的温度下,食品中脂肪的氧化,蛋白质的分解和变性,酶和微生物的作用都变得非常缓慢,因此冻藏的期限较长。

1.4 空气参数与人体舒适

民用建筑或公共建筑的空调统称为舒适性空调,它主要从人体的舒适感出发,确定室内空气的基本参数,并不要求较高的调节精度。

1.4.1 人体热平衡和舒适感

人体靠食物的化学能来补充机体活动所消耗的能量,并把多余的能量以热量的形式排出体外,以保持人体的热平衡,体温恒定(36.5℃)。人体热平衡用下式表示:

$$q_M - q_W = q_d + q_z + q_r + q_{ch} \quad (1-1)$$

式中 q_M ——人体新陈代谢产生的热量,与活动量有关,kJ/h;

q_W ——用于做功而消耗的热量,kJ/h;

q_d ——人体对流散热,放热为正值,吸热为负值,kJ/h;

q_z ——汗水和呼出水蒸气带走的热量,kJ/h;

q_r ——人体与周围物体表面之间的热辐射,可正值,也可负值,kJ/h;

q_{ch} ——人体内积蓄的热量,kJ/h。

在正常的热平衡条件下, q_{ch} 应为零,这时人体因保持热平衡而感到舒适。如果周围环境温度提高,人体的对流和辐射放热减少,为了保持热平衡,通过自身调节来加强汗水分泌,以带走热量。这种情况下虽然保持了热平衡,但由于出汗而感到并不舒适。当环境温度高于体表温度时,体内热量散不出去,会积蓄起来而导致体温上升,更会破坏舒适感和有害健康。

汗的蒸发强度除与周围空气温度有关外,还与相对湿度和气流速度有关。相对湿度高时,汗水难蒸发,人感到闷热;而空气有流动时,汗易挥发而有凉爽感。

人在冷的空气环境中,人体散热加快,当比正常热平衡多散出 87W 热量时,人会感到冷,睡眠者则被冻醒。这种情况下,体表温度会下降 2.8℃,人会感到不舒适,并易感冒。

综合以上所述,人体舒适感与室内空气温度、室内空气相对湿度、气流速度等空气参数有关,另外还与空气的洁净度有关。

空调技术的建立是以制冷技术为基础,夏季的空调运行必需由制冷机组为它提供冷源,才能实现空气处理过程中的降温 and 降湿;冬季空调必需有热源来实现空气的加热和加湿处理,才能为人们提供一种舒适环境。

1.4.2 空调的室内空气参数

综合考虑舒适条件与节能等多种因素,我国的民用及公共建筑空调推荐以下的室内空气参数:

① 室内空气温度:夏季 26~28℃,高级建筑取低值,一般建筑取高值;人们停留时间长的建筑取低值,停留时间短的取高值。冬季 18~22℃,高级建筑或停留时间长的取高值,一般建筑或停留时间短的取低值。

② 室内相对湿度:夏季可取 40%~60%,一般或停留时间短的取高值;冬季一般不规定,对高级建筑取 35%以上。

③ 空气平均流速:夏季可取 0.2~0.5m/s,冬季可取 0.15~0.3m/s。

④ 洁净度:无特殊要求,一般在空调器的进风口都装有空气过滤网,除去空气中粒子较大的尘埃。

1.4.3 空调制冷负荷概算指标

对民用或公共建筑的空调负荷进行计算时,可参考空调负荷的概算指标,它是指每平方米建筑面积在夏季所需的制冷负荷或冬季所需的制热负荷,即制冷量或制热量。夏季空调负荷概算指标见表 1-2。

表 1-2 夏季空调负荷概算指标

场 所	制冷负荷/(W/m ²)
民居、招待所、旅馆	95~115
旅游宾馆	104~175
办公大楼	110~140
综合大楼	130~160
医院	140~175
百货大楼	110~140
电影院	260~350
大会堂	190~290
体育馆	280~470

有了空调负荷的概算指标后,可以根据建筑物类别、房间集中与分散情况、空调设备的安装条件及经费预算来选择空调设备。房间比较分散的可选择局部式空调系统,如窗式、分体挂壁式或分体立柜式空调器等。房间比较集中、建筑面积较大的场所,可选择中央空调系统。

思考题与习题

1. 制冷技术研究哪几方面内容?
2. 制冷的应用范围分哪几个温区?
3. 食品的变质原因有哪些?
4. 低温为什么对微生物和酶的作用有抑制?
5. 为什么植物性食品的冷藏温度不能太低?
6. 国际制冷协会为什么推荐冻结食品的贮藏温度应在 -12°C 以下?
7. 空气的温、湿度会对人体舒适感受造成哪些影响?
8. 空调的室内空气参数有哪些?