


中等供销学校试用教材

SHANG YE CHU BAN SHE



# 果品贮藏设备 及应用

中国商业出版社

中等供销学校试用教材

# 果品贮藏设备及应用

《果品贮藏设备及应用》编写组

中等供销学校试用教材  
**果品贮藏设备及应用**  
《果品贮藏设备及应用》编写组

•  
中国商业出版社出版  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
北京顺义县印刷厂印刷

•  
787×1092毫米 32开 9.125印张 203千字  
1988年9月第1版 1988年9月北京第1次印刷  
印数 1—10000册 定价：1.90元  
ISBN7-5044-0150-1/Q·8

## 编 审 说 明

本书是根据1983年商业部颁发的商业部系统中等专业学校果品贮藏与加工专业“果品贮藏设备及应用”课程的教学大纲编写的统编教材，可作为职工中等专业学校、技工学校、职业中学等开设同类专业课程的教材，也可作为从事果品贮藏及加工工作的在职人员的自学用书。

全书分为八章，绪言、一、三、六、七、八章，由浙江省台州供销学校项贻匡同志执笔；二、四、五章，由辽宁省供销学校张克良同志执笔，项贻匡同志负责总纂。最后，经浙江农业大学食品系陈学平副教授主审定稿。

在编写过程中，承蒙北京农业大学周山涛教授的热情指导，在此表示衷心感谢。

本书是初次编写，尚不够成熟，欢迎广大读者批评指正。

中华人民共和国商业部教材编审委员会

1986年10月

# 目 录

绪言	.....	( 1 )
第一章	热学的基础知识.....	( 3 )
第一节	温度与热量.....	( 3 )
第二节	饱和汽与空气湿度.....	( 6 )
第三节	热的传递、热传导.....	( 11 )
第四节	对流传热.....	( 18 )
第五节	辐射换热.....	( 20 )
第六节	传热系数与热阻.....	( 27 )
第二章	简易贮藏库.....	( 33 )
第一节	堆藏、沟藏.....	( 33 )
第二节	窑洞.....	( 35 )
第三节	贮藏窖.....	( 40 )
第四节	冰窖.....	( 45 )
第三章	通风贮藏库.....	( 49 )
第一节	通风库概述.....	( 49 )
第二节	通风贮藏库的主要构造.....	( 51 )
第三节	通风贮藏库的建筑设计.....	( 54 )
第四节	通风库通风系统的设计.....	( 59 )
第五节	通风库隔热系统的设计.....	( 70 )
第六节	通风贮藏库的设计步骤.....	( 73 )
第四章	冷库及制冷主要设备.....	( 75 )
第一节	冷库建筑类型及组成.....	( 75 )

第二节	冷库的平面布置和库容	( 81 )
第三节	冷库的建筑结构	( 87 )
第四节	冷库的隔热与防潮隔汽	( 90 )
第五节	热力学的几个基本概念	( 117 )
第六节	热力学第一定律	( 121 )
第七节	热力学第二定律	( 127 )
第八节	制冷原理与制冷剂	( 130 )
第九节	制冷主要设备	( 140 )
第十节	冷库耗冷量的计算	( 152 )
第十一节	冷库的发展趋势	( 184 )
<b>第五章</b>	<b>气调库及其主要设备</b>	( 186 )
第一节	气调库概述	( 186 )
第二节	气调库的气密层	( 193 )
第三节	气调库的主要设备	( 205 )
第四节	硅窗大帐	( 216 )
<b>第六章</b>	<b>辐射贮藏设备基础知识</b>	( 223 )
第一节	辐射贮藏概况及其机理	( 223 )
第二节	放射线计量单位与辐射场所	( 227 )
第三节	放射线的防护和检测仪表	( 232 )
<b>第七章</b>	<b>果品的包装</b>	( 238 )
第一节	包装的意义、要求和分类	( 238 )
第二节	包装的保鲜作用	( 240 )
第三节	保鲜包装 (绿色包装)	( 244 )
<b>第八章</b>	<b>检测仪器</b>	( 249 )
第一节	温度计	( 249 )
第二节	湿度计	( 255 )

第三节	风速计与气压计.....	( 261 )
第四节	奥氏气体分析仪.....	( 264 )
第五节	测氧仪.....	( 268 )
第六节	二氧化碳测定仪.....	( 274 )
第七节	硬度计和糖量计.....	( 275 )
主要参考书	.....	( 282 )

## 绪 言

我国各类大宗果品的生产分布有明显的地域性和采收的季节性。要实现常年均衡供应，调节产品的旺淡季和各地供应的余缺，就需要发展果品的贮藏保鲜事业。

我国果品贮藏的历史悠久。广大劳动人民在长期的实践中创造了许多简单易行的果品贮藏场所，如地沟、地窖、窑洞、通风库等，都取得了很好的效果，积累了丰富的经验。由于社会历史及科学技术等条件的限制，这些民间方法都停留在利用自然条件的基础上，有很大的局限性。我们要突破这种局限性，就要发展人工制冷，这是现代贮藏的基础技术。

20世纪以来，由于科学技术和社会生产力的迅速发展，各种现代化贮藏设备不断出现，使得果品贮藏保鲜技术所要求的控温、控湿、控制气体成分等，能够轻而易举地得到实现，从而使果品的贮藏保鲜技术达到空前的水平。回顾历史的发展，20年代发展了冷库冷藏；40年代开始了气调贮藏，即人工制冷加上控制气体成分进行果品贮藏；50年代应用电磁辐射处理果品，并获得了许多进展；60年代开始了减压贮藏的研究；70年代用带电粒子（主要是负离子）处理果品贮藏。同时，美、日等国开始研究磁场处理果品及应用各种化学防腐剂和植物激素等进行果品贮藏。总之，应用现代科学技术进行果品贮藏正以迅猛的速度向前发展。



要进行果品的贮藏保鲜工作，必须有一定结构的贮藏场所及相应的设备、仪器，提供技术上所要求的控温、控湿、控压、气体控制，以及电磁射线控制等所需的条件。这是因为果品贮藏设备是实现各种果品贮藏保鲜技术的物质基础。只有掌握了各种贮藏场所、设备、仪表等的原理和构造特点，才能有完善的贮藏技术。

《果品贮藏设备及应用》就是为果品贮藏保鲜技术服务的一门科学。它的主要内容是果品贮藏场所的结构及主要设备的原理，常用的检测仪器及其使用技术等。它是以物理、化学、植物生理学、建筑、热工、制冷等知识为基础的。要学好这门科学，就必须紧密结合上述这些相关知识，打好基础，理解透彻，学得灵活。

《果品贮藏设备及应用》是一门技术应用学科。学习这门课，应特别重视理论和实践相结合的原则。要求在实践中加深对设备原理的理解，熟悉和掌握各种设备及仪器的使用技术，并在实践活动中不断地增长知识、锻炼才干。

我国的果品贮藏设备与贮藏技术正处于发展之中。近年来，由于重视贮藏保鲜工作，仅水果一项每年就可减少几亿元损失。这说明贮藏保鲜技术在生产上具有很大的经济意义。但在这方面还存在许多“空白”。因此，需要我们不断的探索和创新，为我国的果品现代贮藏技术努力奋斗。

# 第一章 热学的基础知识

## 第一节 温度与热量

### 一、温度和温标

在日常生活中，我们触摸物体时就有可能感觉到冷的、凉的、温的、暖的、热的等一类形容词所描述物体的冷热程度。物体的冷热程度对物体的许多物理过程起很大的作用，而物体的冷和热只是相对的表述。为了确切和定量地说明物体冷热程度，就需要用温度这个物理量来定量地衡量物体的冷热程度。

要定量地测定物体的温度，必须规定量度温度的标尺（简称温标）。常用的温标有摄氏温标和开氏温标（绝对温标）等。

摄氏温标的零度及1摄氏度（ $1^{\circ}\text{C}$ ）的规定是这样的：在一个标准大气压下冰的熔解温度（熔点）定为摄氏零度，在一个标准大气压下纯水的沸点定为摄氏100度。把这两个定点温度之间分为100等分，每一等分就表示1摄氏度（ $1^{\circ}\text{C}$ ）。

开氏温标的零度及1开氏度（ $1^{\circ}\text{K}$ ）的规定：物体分子运动越强烈，则物体分子运动的平均动能越大，在宏观上反应物体就越热，即物体温度越高。从分子运动论的角度看，物体的温度就是物体分子平均动能的标志。反过来说，如果物体温度降低，则它的平均动能减少，即分子的热运动减弱。物体的分子热运动完全停止时的温度，称为绝对零度，或叫开

氏零度 ( $0^{\circ}\text{K}$ )。自绝对零度起计算的温标, 称绝对温标, 又称开氏温标。

开氏温标和摄氏温标上的每一度大小是一样的。他们之间的换算关系是:  $T = 273.16 + t_{\text{摄}}$ 。式中  $T$  表示开氏温度,  $t_{\text{摄}}$  表示摄氏温度, 在要求不太严格的场合可近似用  $T = 273 + t_{\text{摄}}$  的式子换算。

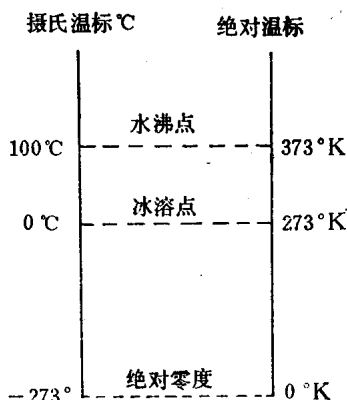


图1-1 摄氏温标与开氏温标

## 二、热量

当两个物体的温度不一样时 (存在温差), 就会引起这两个物体间的热传递现象, 即产生能量的转换, 因而两物体的内能就要发生变化。为了衡量物体的内能改变的多少, 常用热量这个物理量来量度。所以, 热量就是热传递过程中物体内能改变的多少, 一般用字母  $Q$  表示。工程上常用单位是卡或千卡 (大卡)。使1000克的纯水温度升高  $1^{\circ}\text{C}$  时所吸收

的热量，定为1千卡。

热是一种能。国际度量衡委员会已不再承认“卡”为基本单位，而推荐“焦耳”作为热量及其它一切能量的基本单位。但由于习惯和工程技术上多年来使用的传统习惯，特别是有关水的热计算等问题，用“卡”作单位是方便的，所以，“卡”的单位还在普遍使用。1卡与1焦耳的换算关系是：

$$1 \text{卡} = 4.186 \text{焦耳}$$

为了简化计算，可用1卡=4.2焦耳进行不太严格的计算。热量和温度是两个不同的概念，不能混淆。

### 三、热容和比热

不同的物体由于质量不等，组成的物质不一样，给予相同的热量所升高的温度是不同的。换一种说法：使不同物体升高相同的温度所需热量不一样。工程上把物体的温度升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需要的热量，称为该物体的热容，用大写C表示：

$$C = \frac{Q}{t_2 - t_1} \quad \text{单位：大卡/度}$$

式中C为物体的热容，Q为热量， $t_1$ 为初始温度， $t_2$ 为末了温度， $(t_2 - t_1)$ 为物体温度的改变量。

物体热容的大小，决定于物体质量及组成物质的热物理性质这两个因素。当给予一定的热量时，热容大的物体，温度变化就小；热容小的物体，温度变化量就大。

为了比较各种物质在状态（物态）不变条件下，热量得失与温度变化所反映出物质的热，我们用比热这个物理量来描述其性质。

比热：就是单位质量的某种物质温度升（降） $1^{\circ}\text{C}$ 时所

吸收（放出）的热量。用小写字母c表示。

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad \text{单位：卡/克·度或}$$

千卡/千克·度。

式中c为物质比热，Q为物体吸收或放出的热量，m为物体质量， $(t_2 - t_1)$ 为物体温度的改变量。

前面所述物体热容大小的决定因素，可以更明确的表述为：物体热容的大小决定于物体质量及所组成物质的比热两个因素。

将公式  $c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$  变形得

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

这个式子是物相（物态）不变的情况下，热量与物体温度关系的计算式。它在计算冷库中的果品及其包装物料的耗冷量时有很多应用。

## 第二节 饱和汽与空气湿度

### 一、饱和汽

盛在敞口容器内的水，由于不断蒸发，经过一段时间，容器内水的质量就会显著减少，直到干掉为止。这是由于水中速度较大的分子冲过液面的束缚，逃逸到空气中所致。当然，由于分子的无规则运动，也有少数分子飞回液体，只是在单位时间内，飞出液面的分子数多于飞回的分子数，因而引起液体被蒸发。如果把液体盛在一个密闭的容器中，情况就不同了。开始，飞出的分子多于飞回的分子，这个过程会

引起液体逐渐减少，但液面上方空气中汽的密度逐渐变大。由于热运动和分子碰撞的结果，飞回液体分子也逐渐增多，当达到在单位时间内，飞回的分子数等于飞出的分子数时，液汽之间就达到了动态平衡。从宏观上看，液面上汽的密度不再增加，液体的质量也不再减少，这时液面上的汽叫饱和汽。在饱和汽下的液体蒸发停止（分子仍在运动，只是处于动态平衡状况）。

液面上的气体压强为其各组分气体压强之和，这些组分气体的压强称为各自的分压强。

混合气体的每一组分压强，非常接近于各组成气体单独占据混合气体体积时具有的真正压强。这就是道尔顿定律。

在液面上饱和汽所具有的那部分压强，叫饱和气压，饱和气压的大小与温度和组成饱和汽的物质有关。从分子运动论的角度看，饱和气压是跟单位体积内汽分子的个数及汽分子速度有关，液体温度升高时，液体分子平均动能增大，单位时间内飞出液面的分子数增多，因而汽的密度变大，单位体积内饱和汽质量也增加；同时，由于温度升高，气体分子运动平均动能增大，每秒钟内碰撞器壁及液面次数增加，而且每次撞击作用也加强。由于这样双重原因，饱和气压随着温度升高而增大。所以，某种物质饱和汽的压强随温度的不同而不同。一定的温度就有一定值的饱和气压，温度升高饱和气压增大。

从表1—1中可看出几种物质在不同温度下饱和气压的值。

如果一个容器内充满某种物质饱和汽（没有液体出现），当温度降低时，与这温度相对的饱和气压也降低，多余的饱

表1-1

几种物质饱和气压强度(单位cmHg柱高)

温 度°C	乙 醚	乙 醇	水
0	18.6	1.3	0.458
10	29	2.4	0.921
20	44	4.5	1.754
30	64	7.9	3.1
35	76	/	/
40	92	13.4	5.5
50	127	22	9.2
60	174	35	14.7
70		56	23.2
78		76	/
80		83	35.3
96			52.4
100			76
120			2大气压
150			4.7大气压
200			15.3大气压

和汽就凝结成液体。反过来，当温度升高时，与这温度相对应的饱和汽就变成非饱和汽了。同理，原先是非饱和汽把它温度下降，直到这部分汽的压强与温度相对的饱和气压一样时，汽就变成饱和汽了。

## 二、空气湿度

空气里所含水汽的多少，对大气中发生的许多现象起着

很大的影响，而空气的干湿程度对果品贮藏中的干耗有着决定性的意义。

我们知道，空气是一种混合气体，约78%的氮气，21%氧气，其余则由少量的二氧化碳、水汽和惰性气体组成。在一定的温度下，一定体积的空气里含有水汽越少，则空气越干燥；含水汽越多就越潮湿。量度空气湿度的方法有两种：

1. 绝对湿度。每个单位体积内所含水蒸汽的质量称为绝对湿度。由于汽的压强是随汽的密度增加而增大，所以空气的湿度大小，也可以通过水汽压强来表示。根据道尔顿定律，混合气体中各气体的分压强与其他的组成成分无关。由前述饱和汽的性质可知，在任意给定温度下，空气中水汽的分压强绝不能超过该温度下的水的饱和气压。如10°C时的水汽分压，不会超过8.94mmHg。

表1-2 水的饱和蒸汽压(mmHg柱)

t°C	蒸汽压	t°C	蒸汽压
0	4.58	80	355
5	6.51	100	760
10	8.94	120	1,490
15	12.67	140	2,710
20	17.5	160	4,630
40	55.1	180	7,510
60	149	200	11,650

2. 相对湿度。实际生产中仅仅知道绝对湿度还是不



够的。这是因为，空气的干湿程度和空气中所含水汽量是够接近饱和的程度有关（如水分蒸发速度和绝对湿度无关）。我们用相对湿度表示空气中干湿程度，水汽的分压和同温度时水汽的饱和气压的比值，称为相对湿度（B）。

$$\text{相对湿度} = \frac{\text{水蒸汽的分压力}}{\text{同温度饱和气压}} \times 100\%$$

例：空气的温度为 $20^{\circ}\text{C}$ ，水汽分压（绝对湿度）为15.75托（mmHg），求相对湿度。

解：由表1—2知 $20^{\circ}\text{C}$ 时，饱和汽压为17.5托，故

$$B = 15.75/17.5 \times 100\% = 90\%$$

上例中，要使空气中的水汽达到饱和或 $B = 100\%$ ，就要保持温度不变，引入足够多的水汽，以便分压到达17.5托；或者把温度降低到 $18^{\circ}\text{C}$ 。若温度降低到 $18^{\circ}\text{C}$ 以下，相应的饱和气压少于15.75mmHg，多余的水汽便凝结成水。

### 三、露点

测定露点温度是确定相对湿度最准确的方法。通常的办法是：冷却具有明亮抛光表面的金属容器，并观察这个抛光面，当金属容器的温度降到与其表面接触的空气中水汽变成饱和和汽时，则水蒸汽凝结，呈雾状附着在抛光金属面上，此时的温度就是空气的露点。所以，露点就是空气中水汽到达饱和时的温度。

例如，当时空气温度为 $20^{\circ}\text{C}$ ，依此法测定露点温度为 $18^{\circ}\text{C}$ ，就可知道此时空气在 $18^{\circ}\text{C}$ 时达到饱和。这时，空气中水汽分压就是 $18^{\circ}\text{C}$ 的饱和气压（15.75托）。但是， $20^{\circ}\text{C}$ 时水汽饱和气压是17.5托，所以，这时相对湿度为： $B = \frac{15.75}{17.5}$