

果 蔬 冷 庫 設 計 参 考 资 料

第 二 辑

全 国 商 业 冷 藏 科 技 情 报 站
全 国 商 业 冷 藏 科 技 情 报 站 小 型 设 备 专 业 站

一 九 八 七 年 十 一 月

目 录

中华猕猴桃在储存中的软化.....	(1)
影响苋苣在真空冷却装置中冷却速率的因素.....	(6)
水果与蔬菜的冷却——一个大有前途的事业.....	(12)
果蔬真空冷却.....	(19)
果蔬气调冷藏库.....	(21)
气调冷藏樱桃.....	(33)
硅窗聚乙烯塑料薄膜包装贮藏蔬菜.....	(37)
大白菜集装箱的配风试验研究.....	(39)
速冻果蔬.....	(42)
水果收购站的改造.....	(46)
水果采摘后的稳定性.....	(51)
大型果蔬冷库中制冷装置的设计问题.....	(57)
用冷藏汽车运输新鲜果蔬的探讨.....	(61)
法国水果收购站的发展变化.....	(65)
速冻果蔬的贮藏期限及质量.....	(71)
冻结果蔬的贮藏期限及质量.....	(77)
速冻果蔬的贮藏期限及质量.....	(81)
园艺产品冷藏库和气调库.....	(93)

中华猕猴桃在储存中的软化

美国农业部园艺作物研究所

L.M. Harvey 及 C.M. Harris

虽然保持猕猴桃质量的最佳温度是 0° 至 -1°C ，但这种水果在收获后可能有很长时间达不到这些温度。当水果收获量超过了收购站的设备能力，或水果要从很远的生产地运到收购站，或是冷却间不能均匀而快速地降低水果的温度到最佳水平时，都会出现从收获到冷却之间的延误。在收获后的处理和储存中尽早地进行适当的温度管理是极为重要的，因为所有加速水果软化和腐烂的因素在温度偏离最佳状况下的影响是累加的，这种偏离以后在运输和分配时也有可能出现，使问题更加严重。

猕猴桃在储存中的迅速软化和不良的冷却加工及库内空气中的乙烯含量有关。人工控制空气的方法曾被用来降低乙烯的影响，但这种方法抵消不了不良的温度管理。有些研究指出了收获到冷却之间的延误，加速了猕猴桃在 0°C 储存中的成熟与软化，我们测定了各种不同的商用强制通风冷却器的冷却时间，并研究了猕猴桃从收获到冷却之间的延误所引起的影响。

强制通风冷却器的冷却速度

在许多商业冷却间中，装满冷却间的时间，室内循环空气的温度，每个冷却循环所需的时间，都有很大的差异。在三个商业冷却间中，每间任选四个托盘，测量每个托盘上七个方位的温度，水果和室内空气的温度用镍铜热电偶连接到多路毫伏纪录器上进行量测，所安排的程序为在一个冷却循环中每隔半小时纪录一次。所有的冷却器都是强制通风式。

1号冷却间（图1）的空气温度开始时约为 3°C ，在10小时中降到约 1.5°C ，在以后的冷却循环中维持在此温度，水果的温度开始时平均为 15°C ，在20小时中降到约 3°C ，并在大致40小时中缓慢降到平均温度为 2°C 。水果温度的差异范围在循环的早期为 8°C ，在27小时中降低到约 1.5°C 。

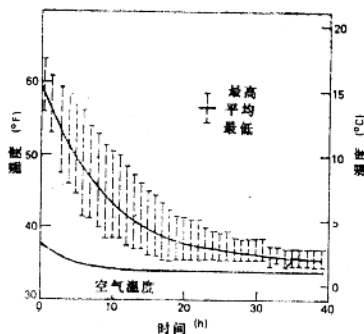


图1 猕猴桃在商业冷却间中的冷却速率

半冷却时间（即产品温度达到开始时产品与冷风之间温差的一半时所需的时间）为约7小时，四分之三的冷却时间为14小时，八分之七的冷却时间为21小时（见图2）

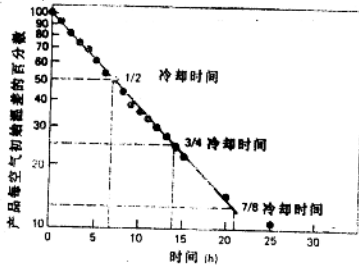


图2 猕猴桃在强制通风冷却间1号内的 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 和 $\frac{7}{8}$ 冷却时间

在2号冷却间内（图3），初始空气温度为3℃，在15小时中降到约0℃，水果的初始温度平均约为15℃。强制通风冷却器的风扇直到冷却间装满后才开动，而这是试验托盘放进去的4小时之后。此后，水果的平均温度很快下降，20小时之后平衡在约2.5℃。到冷却循环的一半时，水果温度变化范围高达8℃，但在循环的终了时约为3℃。本企业的操作人员没有把水果停留在冷却间内很久以使其冷却均匀。最冷的果温平均约1℃，温度最高的约为4℃，都是在24小时后冷却终了时的温度。半冷却时间也是约7小时。

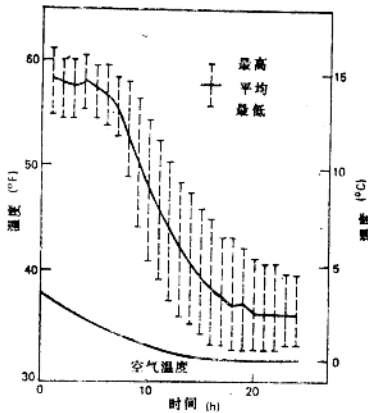


图3 猕猴桃在2号商业冷却间中的冷却速率

在3号冷却间中（图4），空气温度开始时高于4℃，只是在容许的冷却时间之末（18小时）才达到2℃。部分水果来自已放在冷库中过夜的大桶中，因而水果初始时的温度差别高达7℃。当水果刚放进冷却间时，平均温度略有增高。风扇在水果装满后才开动，装载时间花了约6小时，因而冷却间实际只操作了约12小时。冷却终了时，水果平均温度大于5℃，

最低约 3℃，最高约 7℃。

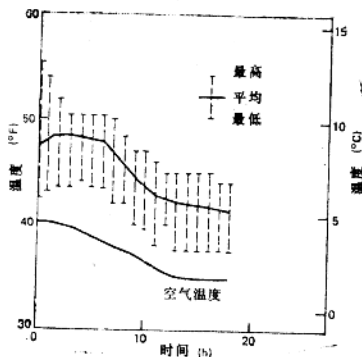


图 4 猕猴桃在 3 号冷却间中的冷却速率

显然，许多商业冷却间中的操作有很大的差别。冷却循环时间最少要有 21 小时以达到八分之七的冷却或更长使全部水果得到均匀的冷却，冷风的温度应尽可能接近于最佳的储存温度（-1.0 至 0℃）

冷却延误对储存中水果状态的影响

1984 年 10 月 16、22 及 29 日分别在加利福尼亚中部收获了一批猕猴桃，各批水果装在铸型小盘内放在单层木制平盘中，平盘用不封口、无孔的塑料膜作衬里以减少储存中的水分损失，每批水果共有 90 盘（每盘 36 或 39 个水果），分为 5 组，在放到 0℃ 温度中以前分别在 20℃ 下停留 0、24、48、72 或 90 小时。在我们试验室条件下，把水果冷却到 0℃ 还要再增加 15 小时。每组又分成 6 份（每份 3 盘），分别在开始时和储存 30、60、90、120、及 150 天之后进行测定。在每次测定中，评定水果的坚实度、可溶性固体含量及水果腐烂或皱缩的个数。

每批水果的坚实度用配有 7.9 毫米顶杆的贯入计来测定，在进行果肉坚实度测定之前任选 20 个果样，在每个果样边上撕去一小块表皮。

三批猕猴桃的初始坚实度平均为 8 公斤力，（见图 5）。

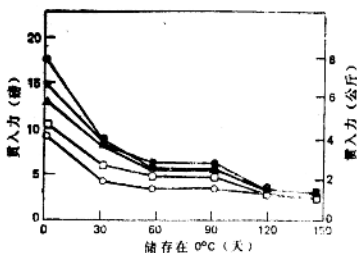


图 5 冷却延误对猕猴桃坚实度的影响，这是储存在 0℃ 中三批试验的平均度。

冷却的延误小时数：●：0，
■：24；▲：48；□：72，○：96。

冷却之前每延误24小时，在20℃温度下头三天的坚实度降低约1公斤力，第四天降低约0.6公斤力。果样在不同的延误时间下的坚实度差别，随储存时间的增加而减小，在储存120天之后，全部水果的坚实度平均为1.5公斤力。与冷却延误有关的水果坚实度的回归系数在开始时和30天后的测定中是很大的， $P=0.05$ （图6）。虽然在储存60天90天后冷却延误对坚实度还有微小的影响，但数量太小已无关重要。

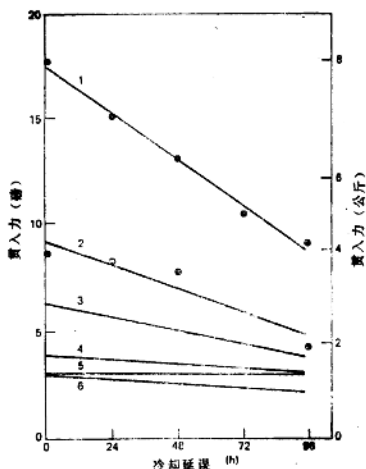


图6 在不同储存时间中，冷却延误与水果坚实度的关系。冷却延误在初始和30天后的测定中对坚实度影响最大。

初始测定回归方程 $y = 17.5 - 2.2x$, $R^2 = 0.923$

30天测定回归方程为 $y = 9.2 - 1.1x$, $R^2 = 0.942$

1—初始测定 2—30天后测定 3—60天后测定

4—90天后测定 5—120天后测定 6—150天后测定

果汁中的可溶性固体含量是用一支手持的经温度补偿后的折射计来测量。对不同的冷却延误期，猕猴桃中可溶性固体量的增加与坚实度减小的型式类似（图7）。

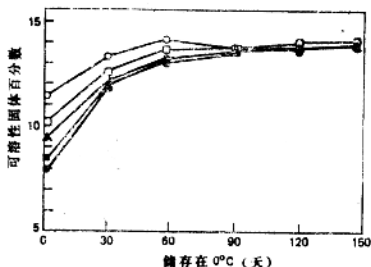


图7 冷却延误对猕猴桃可溶性固体含量的影响。这是储存0℃中三批试验的平均数
冷却前的延误(小时) ●, 0; *■, 24; ▲, 48; □, 72; ○, 96。

三批猕猴桃的初始可溶性固体量平均为7.8%，每24小时的冷却延误，其平均可溶性固体量要增加0.5—1.5%，在初始和30天后的测定中，可溶性固体含量的回归系数很大 $P=0.05$ ，（图8）。

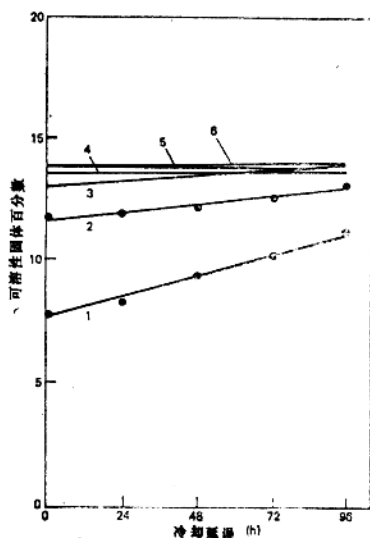


图8 在不同储存期中，冷却延误与可溶性固体量的关系。冷却延误只在初始时和30天的测定中对可溶性固体量影响最大，（ $p=0.05$ ）初始测定时的回归方程为：

$$y = 7.64 + 0.874x, R^2 = 0.888$$

30天后测定时的回归方程为：

$$y = 11.59 + 0.37x, R^2 = 0.890$$

图中曲线上的号数和图6相同

上述影响的趋势到60天后的测定中还在继续，在90天以后，所有水果的可溶性固体量平均约为13.5%。

在各批水果中，腐烂各不相同，但通常是随着储存时间和冷却延误的增加而增加其发生率和严重性，把全部的储存测定数据综合之后，水果遭受冷却前延误为0、24、48、72、或96个小时的平均腐烂发生率分别为1.0、1.0、1.2、1.8及4.3%。

在各批水果中，皱缩也有差异，并受到水果周围塑料膜衬里紧密程度的影响极大。在最初的60天储存中，水果的皱缩是微不足道的，但随着储存期的增加和冷却延误的加长而缓慢增加。当冷却延误为24、48、72或96小时并储存了90、120及150天后，猕猴桃的皱缩分别为0、0.4、1.5及5%。

影响莴苣在真空冷却装置中 冷却速率的因素

以色列农业工程研究所

E. Haas 及 G. Gur

真空冷却是特别适用于叶菜的快速加工过程，也适用于高表面积与容积比的蔬菜以取得快速的水分蒸发。第一个商用真空冷却装置在1948年建于美国，到如今真空冷却不仅在美国，而且在许多欧洲国家仍是用于莴苣的标准加工过程。

真空冷却过程的基本原理是：

1. 在大气压力（1013毫巴）下，水的沸点是100℃，但沸点作为绝对压力的函数而变化，因而在23.37毫巴时，水的沸点温度为20℃，在6.09毫巴时为0℃；
2. 要把水从液态变到气态，必需由周围介质提供气化潜热，使产品的显热减少；
3. 产品放出的水蒸气必需除去。

应注意到从蔬菜中蒸发出的水量在其重量的1—4%间变动，随产品的初始温度而定，大致是产品每冷却5.5—6℃，损失重量约1%。通常不致出现蔫萎的问题，因为水分是相当均匀地从所有的植物纤维中除去的。

真空冷却装置的部件

真空冷却装置的主要部件见图1

真空罐（图1中的1）是在冷却过程中存放产品的容器。按罐的大小配备有1至2道

讨 论

猕猴桃在0℃储存中的过度软化是收获后质量损失的主要原因。个别批量或某批内个别果品的不正规软化对这种水果的批发与零售业都是有害的。冷却的延误在储存初期就加速了果品的软化，这种延误也增加了储存中缺陷的出现率。显然，收购站的负责人必需尽一切努力以减少从收获到冷却之间的时间。

缺乏均匀的冷却导致个别水果的不正常软化，而不完善的冷却进一步导致整批水果在储存初期就快速软化。虽然强制通风的商业冷却间能提供比较快速的冷却，但还需要近30小时以降低水果的温度到最佳水平。

尽管各种收获前及收获后的因素可能引起猕猴桃在储存中的过度软化，迅速的收获后处理和高效率的完善的冷却到最佳储存温度可使这种严重的商品病害降到最低。

译自国际制冷杂志1986年6期352页—355页

饶辅民译

门。现有不同尺寸的装置，可冷却2、4、6、12及30个托盘。把产品装进圆筒形罐之后，将门密封并开启真空泵。这些泵吸出罐内的空气以降低内部的压力。在罐内空气排出通道上沿罐顶或长边的两侧，设置蒸发盘管（8），盘管的作用是提供冷却表面以便大部份水蒸气在其上冷凝并向制冷剂（ $R_{12} \cdot R_{22}$ 或氨）放出热量。冷却盘管的存在大大的降低真空泵所需的大小。

真空泵的能力与把罐内压力从大气压降到相当于“闪点”的压力所需的时间有关。“闪点”是指产品的温度突然和在罐内压力下水蒸气饱和温度相一致的一点。泵气的速度（每小时立方米 m^3h^{-1} ）可从公式（1）算出：

$$S = \frac{V}{t/60} \ln \frac{p_1}{p_2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

其中：

V = 真空罐的容积 (m^3)

t = 达到闪点（例如20毫巴）所需的时间（分，min）

p_1 = 初始压力（大气压）（毫巴 mbar）

p_2 = 和闪点相对应的压力（毫巴）

真空冷却装置通常采用单级或双级回转式真空泵。有关已试验过的各种装置中的真空泵技术数据见表1。

产品在真空冷却过程中所放出的热量实际上就是全部制冷负荷，可用公式（2）计算：

$$\theta = \frac{W \times C \times (T_2 - T_1)}{t} \times 60 \dots\dots\dots (2)$$

其中：

θ = 热量 ($kcal h^{-1}$ 千卡/时)

W = 产品重量 (k , 公斤)

C = 产品比热 ($kcal kg^{-1} ^\circ C^{-1}$ 千卡/公斤·度)

T_1 = 产品进入时温度 ($^\circ C$)

T_2 = 产品取出时的温度 ($^\circ C$)

t = 冷却时间 (min 分)

在以色列，真空冷却装置不仅用于冷却苜蓿，而且也用来冷却芹菜和甜玉米，因而在计算冷却装置的负荷时，按每次装载所要冷却的最大重量来考虑就非常重要。例如每托盘为700公斤而不是用于苜蓿的重量350公斤。不同真空冷却装置中制冷设备的计算的与实际的产冷能力见表2，从表1和表2可看出，不同真空冷却设备在构造上是有很大差别的。

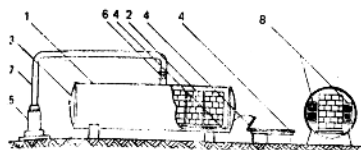


图1 真空冷却装置简图

- 1. 真空罐 2. 产品托盘
- 3. 门 4. 滚式传送带
- 5. 真空泵 6. 吸入阀
- 7. 真空管线 8. 蒸发盘管

表1

真空装置试验的技术数据

安装地点与型式	真空罐容		真 空 泵									
	托盘个数	体积 (m³)	厂商名称	台数	电机马力 (KW)	公称泵速 (m³h⁻¹)		实际时间 (min)		到闪点 (m³h⁻¹)	实际泵速 (KW)	每次的泵最大能 (KWh⁻¹)
						每台	共计	到闪点	共计		公称泵速的%	每托盘耗 (KWh⁻¹)
Ashbold	11	62	Leybold Heraeus	1	11	400	1030	17	30	796	77	13
Kefar Tavor 移动式	4	24.5	Busch	1	15	630	630	14	64	382	60	16
Bika 固定式	4	24.5	Busch	1	15	630	1030	10	40	535	52	17.3
Bika 固定式	4	24.5	Busch	2	15	630	1660	6	32	891	54	21.8
Bika 固定式	4	24.5	Busch	1	11	400	1660 (只用10分钟)	6	32	891	54	17.8
Azata 固定式	6	30.2	Busch	3	15	630	1890	5	25	1318	70	18.75
Huron 美国	30	100				336		5	30	4365	168	5.6

表2

真空装置试验的计算与测出的制冷设备产冷量

安装地点	产品种类	真空罐容积 托盘数 (m³)	计 算 数				量 测 数		大致的装置产冷量 (Kcal h ⁻¹)	压缩机的产冷量 (Kw)	有 效 的	
			产品重量 (吨)	冷却装置产冷量 (Kcal h ⁻¹)	冷却时间 (min)	冷却时间 (min)	平均降温 (°C)	产冷量 (Kcal h ⁻¹)			公称产冷量的 %	
Ashbold	芹菜	11	7.7	7.7	924000	9	13	15		从库冷来	533016	
Kefar Tavor 移动式	莴苣	4	1.4	1.4	108000	15	50	18	47000	22	30240	64.3
Bika 固定式	莴苣	4	1.4	2.8	151200	20	30	18	94000	2×22	50400	53.6
Bika 固定式	莴苣	4	1.4	2.8	151200	20	26	18	94000	2×22	58150	61.8
Azata 固定式	莴苣	6	2.1	4.2	181440	25	20	18	240000	2×45	113400	47.2
Huron 美国	莴苣	30	18.3		988200	20			675625	206		

试 验 过 程

为了测定影响冷却速率及能耗的因素并建立小型冷却器(4至6个托盘)的设计数据,我们对带有三台真空泵和两台制冷装置的商用真空冷却器进行了试验,上述设备是按照农业工程研究所的要求提供的。

试验的目的是要找出真空泵的泵气速度是如何影响到冷却时间和莴苣叶与茎的最终温度。在每次测定中,用安放在两个不同位置的并分别插入叶中和茎中的热电偶测量了16棵莴苣的温度。这些莴苣是放在纸盒内并堆放在托盘的不同位置上。

莴苣温度、空气干湿球温度(在真空罐中两个不同的位置上量测)和蒸发盘管的外表面温度每分钟在Kaye Digistrip II型数据输出器上记录一次。同时,真空罐内的压力,记录在MKSC-IB数字压力计上。

结 果 与 讨 论

泵气速度对9号(每棵重500至600克)莴苣的冷却速率的影响见图2—6,这些莴苣是用玻璃拉伸膜包裹,装在纸盒内,堆放在托盘上,在固定的或移动的装置中进行真空冷却。从图2可以看出,对4个托盘的真空冷却装置,公称的泵气速度 $1030\text{m}^3\text{h}^{-1}$ 是不够的,要10分钟才能达到闪点。压力降很慢,要35分钟才有可能达到6.3mbar。尽管把这个低压保持了5分钟不变,莴苣叶的最终温度是 $0.8-3.1^\circ\text{C}$,茎的最终温度为 $3.3-4.9^\circ\text{C}$ 。

值得注意的是实际的泵气速度只有公称泵气速度的52%。这种现象的原因之一是门没有密封。在同一真空冷却器中,当公称泵气速度从1030增加到1660时,6分钟后就达到闪点,32分钟后达到5.8mbar的低压。莴苣叶的最终温度为 $0.4-2.6^\circ\text{C}$,茎的最终温度为 $1.7-3.6^\circ\text{C}$, (图3)。

最好的结果是在冷却过程的最初10分钟用三台泵气速度为 $1660\text{m}^3\text{h}^{-1}$ 的真空泵,而随后只用两台,总泵气速度为 $1250\text{m}^3\text{h}^{-1}$ (图4)。在这次试验中,在总共32分钟的冷却过程之后就达到低而均匀的最终温度;叶温为 0.3 至 1.1°C ,茎温为 1.6 至 2.3°C 。值得注意的是这些温度是推荐用于不包装莴苣的最终温度。

对包装在不通风拉伸薄膜中的莴苣Cheyney等发现在冷却过程后有50%的茎温大于 3.3°C ;因此,采用特殊的真空冷却步骤以得到充分的冷却是非常重要的。步骤之一是把莴苣在最低安全压力下多停留在真空罐中一段时间。这个步骤不仅用于试验而且也在以色列的商业装置中应用。在达到闪点之后降低泵气速度还有附加的好处:降低每次的能耗(在本试验中由 5.45 降到 4.45KWh^{-1})减少在蒸发与冷却过程开始阶段流经冷凝盘管的水蒸气量。

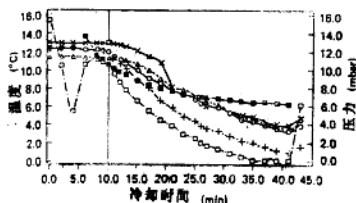


图2 在Autec固定式真空冷却装置中莴苣的冷却速率。只用两台泵,总泵气速度为 $1030\text{m}^3\text{h}^{-1}$ 。■压力口湿空气温度×, + 叶温△, O茎温

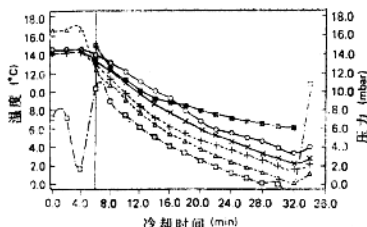


图3 在Autec固定式真空冷却装置中莴苣的冷却速率在全部冷却过程中三个泵都开动，总泵气速度为 $1660\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ■压力 ×，△叶温 □湿空气温度 +，O茎温

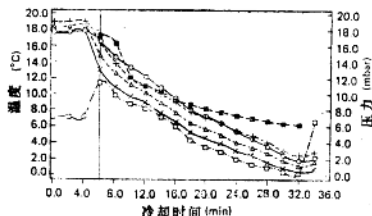


图4 在Autec固定式真空冷却装置中莴苣的冷却速率在最初10分钟内用三个泵，随后只用两个泵（泵气速度 $1250\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ） ■压力 □湿空气温度 ×，△叶温 O，+茎温

图5表明当为真空冷却装置所提供的泵公称泵气速度不足只有 $630\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ，及冷却设备的能力降低（ 22Kw ）时，同样货品（9号莴苣用拉伸薄膜包裹）的冷却速率变得很慢。达到闪点要14分钟，而达到指定的低温，全部冷却时间需要64分钟。应注意在这种情况下，8小时内只能冷却24个托盘，而在同样的真空罐中，当提供的真空泵和制冷设备能力足够时可冷却52个托盘。

根据对不同的商业性真空冷却装置进行试验的结果，提出了一个6托盘叶菜真空冷却装置设计数据的建议（见附录）。按照我们的设计数据。由Autec公司制造的真空设备所达到的莴苣冷却速率见图6。图6表明，当真空冷却装置设计得很完善时，有可能在25分钟内使包装莴苣达到低而均匀的最终温度。

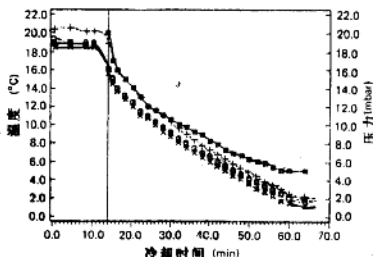


图5、在Autec移动式真空冷却装置中，莴苣的冷却速率，这是在困难的操作条件下，田间热很高，而且是在不宜于正常出口的高温季节里。
■压力 O湿空气温度 △，×叶温 +，□茎温

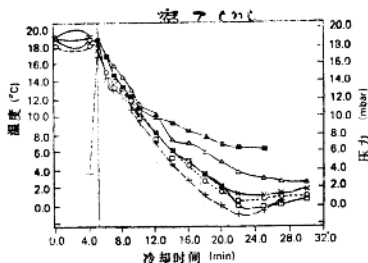


图6 按照农业工程研究所的设计数据由Azata制造的装置中所得到的莴苣冷却速率。

■压力+湿空气温度○, △茎温口, ×叶温

附 录

为一个真空冷却装置提供了设计数据, 这个装置能在25分钟的冷却过程中, 冷却六个大型托盘用玻璃拉伸薄膜包裹并装在纸盒内的莴苣, 温度从20℃降到0—2℃。为了在5分钟后就达到闪点, 并考虑在小型真空冷却装置中实际泵气速度只有公称泵气速度的60—70%这个因素, 需要采用三台总公称泵气速度为2000m³h⁻¹的真空泵。改进门的密封, 使漏气减小到最小也非常重要。

真空冷却是一个不均匀的冷却过程, 在闪点之后有大量水分蒸发, 但随后蒸发器的负荷就逐渐减少, 因而只能使用35—50%的冷却设备的能力。在这种情况下, 最好利用现有冷库的制冷设备, 而不必给真空冷却器提供产冷能力在-5~-45℃范围内为200000 Kcal/h⁻¹的压缩机。安装在罐内的蒸发器外表面应按温差 Δt 为5℃进行计算。为了保证有均匀的空气水蒸气流动, 最好使用光滑铜管。

为了保证有均匀的最终温度同时避免冻伤, 小型真空冷却装置必需配备下列控制设备:

1. 一个电源输入及压力读出设备, 带零点校正及双调整点的控制屏, 能够给工业变送器提供电力输入及压力显示;
2. 一个真空/流量控制阀, 能够在真空罐内保持恒定最终压力(6mbar)数分钟;
3. 一个数字温度读出器, 和热敏电阻探针相连, 后者可在真空罐关闭前插入莴苣内。这头莴苣的温度将决定冷却过程的终结。当然也需要有用手动以停止冷却过程的可能性;
4. 一个定时器, 可在真空罐门关闭三分钟后启动制冷装置, 并在真空过程开始后10至15分钟关闭三台真空泵之一台。

译自国际制冷杂志1987年第2期82—86页

饶辅民译

水果与蔬菜的冷却

一个大有前途的事业

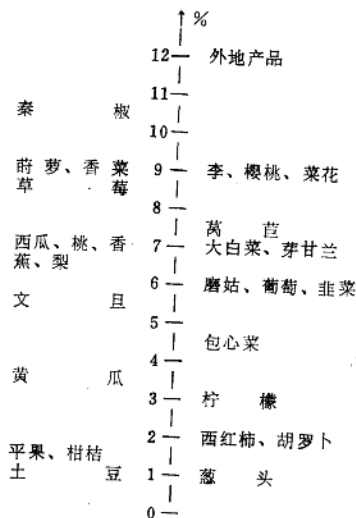
丹麦生物技术研究P. Vendelbo

水果与蔬菜的贸易在日常商品市场中占据相当大的份额。大多数的超级市场已从直接收益和商店的声誉中认识到这些产品的重要。不断的抽查表明消费者在选择购买的地点时总是优先考虑水果与蔬菜的质量。

尽管经营果蔬已赚了很多钱，但还可以做得更好些。生物技术研究室的检查表明，丹麦市场大约年营业额50亿克郎中废弃和降价商品约达7亿克郎。

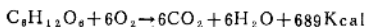
下图是一些单项商品的废弃和降低的百分率，

零售商店中果蔬的降质率



以上事实提供了积极努力以取得更高质量的出发点。在这方面，冷却起到重要的作用。

同样，消费者对质量的要求也日益增高，他们愿意为此付更高的价格。



从呼吸公式可看出，新陈代谢的进行消耗了氧气并按相同比例放出二氧化碳气。如果新陈代谢是在密闭的房间内进行，室中氧气消耗完了，呼吸就会停止，产品就死亡并腐烂。

和所有的化学反应一样,呼吸在低温下变慢。把产品冷却到其所能忍受的最低温度下,呼吸降低并减少热量的放出。

还有许多情况对收获后果蔬贮存质量也很重要，以下略述几项。

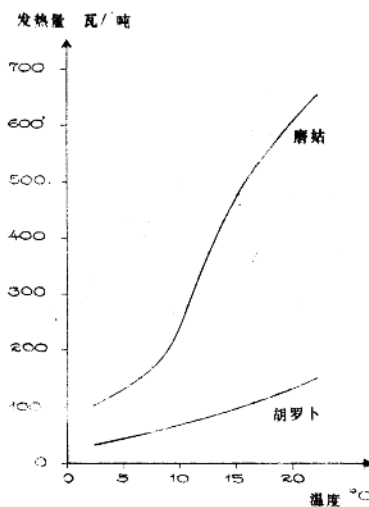
从呼吸公式中可看出，产品在低温下可更好的贮存，温度越低越好。但有一批产品却不温。为什么它们对低温敏感还不太了解，但有一点是相同的，这些产品在低温下不能正育。某些产品如秦椒、黄瓜等，部分组织死亡，表皮皱缩或腐烂，另一些产品，如香蕉及柿，发育很差。滋味及硬度变得不正常，质量降低。敏感产品一般出现在生长于温暖气物品中。

敏感产品举例

产 品 名 称	临 界 温 度 $^{\circ}\text{C}$	敏 感 程 度
菠 萝	8	大
黄 瓜	10	大
鳄 梨	7	大
香 蕉	12	大
柠 檬	10	中 等
芒 果	10	大
秦 椒	6	中 等
木 瓜	8	大
西 红 柿	9	大

上面曾多次提到温度在保持质量上极其重要，这是因为呼吸强度依赖于温度。把温度从 20°C 降到 0°C ，呼吸热就要降低四分之一到十分之一，随产品类别而定。下图表明某些产品的呼吸热和温度的关系。

不同温度下的发热量



上边也曾经说过，在较高温度下保存质量较差的原因之一是产品所储存的营养物更快地消耗掉，也就是说产品更快的损耗了。

产品的贮存质量在数学上可作如下表达：

$$N_t = N_0 \cdot e^{bt}$$

其中 N_0 = 最高贮存质量

N_t = 在温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的贮存质量

b = 随产品而定的常数

由此，产品在温度为 $t^\circ\text{C}$ 经过时间 X_t 之后，其货架期的缩短，即损耗 S 可定为：

$$S = X_t / N_t$$

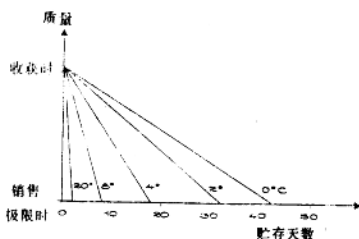
同时，下式也成立：

$$\sum_{t=t_1}^{t=t_2} \frac{X}{N} = 1$$

用上述方法就有可能计算出温度过程的影响，下面还要进一步作解释。

产品的贮存质量可以用货架期图表来说明。例如，菜花的货架期图形可为：

菜花的货架期图表



在生物技术研究室的果蔬手册中，这种图表被用作产品在不同温度下贮存质量的指南。我们的经验是：这些图说明了产品对高温的敏感性的一些情况，从而也指出了对产品立即进行冷却的重要性。

菜花的图表说明：把产品温度从 20°C 降到 0°C 可把贮存期从 2 天增加到 42 天。同时前边也提到过，较高的温度使产品的损坏程度增大。因此，为了避免损坏，也就是降低质量，最重要的是要把产品的温度尽快地降低，以保持产品的质量。

当产品不需要作较长期的贮存时，快速降低温度也非常重要，因为这就有可能提供质量更好的产品。

值得注意的是损坏是不可逆的，这就是说产品上边的损伤，以后即使用最佳的处理也不能治好。因此，在收获后到产品冷却前的几个小时的耽误所引起的产品损耗会像在冷却后贮存了几天的一样多。我们就此可以断定，如果要取得最佳的效益，必须在收获后立即进行冷却。

冷却的先决条件是要使冷媒和产品接触，接触越好，产品冷却越快。摆起的开孔板条箱，空气易于和产品接触，可得到有效冷却。而预先包装好的产品，放在塑料箱内，并密堆在托