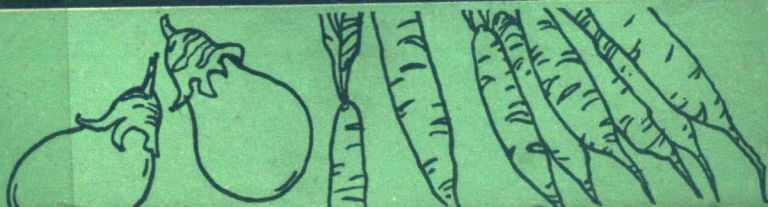


〔西德〕 胡贝特·贝尔 著

水果蔬菜气调贮藏

中国财政经济出版社



水果蔬菜气调贮藏

〔西德〕胡贝特·贝尔 著

张 鲁 迪 译

中国财政经济出版社

**Kühlräume für die Gaslagerung
von Obst und Gemüse**

von

Hubert Behr

1975 Verlag C. F. Müller Karlsruhe

根据德意志联邦共和国卡尔斯鲁厄
C·F·米勒出版社1975年版译出

水果蔬菜气调贮藏

〔西德〕胡伯特·贝尔 著
张 鲁 迪 译

*

中国轻工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京印刷二厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.128印张 144,000字

1981年1月第1版 1982年3月北京第1次印刷

印数：1—10,000

统一书号：15166·064 定价：0.68元

出 版 说 明

气调贮藏，是水果、蔬菜贮藏的一项新技术，具有延长贮藏期，保证贮藏质量，减少贮藏损失的优越性。目前我国已经开始应用和研究这项技术。

这本《水果蔬菜气调贮藏》对果蔬的气调贮藏作了比较系统、详细的介绍，并提供了一些有关数据，可供果蔬贮藏业务人员和研究人员，气调库设计人员和经营管理人员，以及大专院校有关专业的师生参考。

本书由张鲁迪同志译出后，曾请北京农业大学周山涛教授、中国制冷学会理事麦嘉穗和商业部设计院胡宗翼高级工程师、徐庆磊助理工程师校订，在此一并表示感谢。

全国供销合作总社科技局

一九七九年十二月

作者介绍:

胡贝特·贝尔工程师自一九四九年起就从事制冷技术工作。他是一位独立的经纪人，并经营一家创办于一九五四年的制冷空调企业。他在一九五三年开始在专门的冷库中从事水果蔬菜长期贮藏的研究，并着手制造相应的设备。第一批由贝尔公司制造的水果蔬菜冷却装置设在比利时和荷兰。它开始搞的是30—100吨容量的小库。

贝尔一直致力于水果蔬菜长期贮藏课题的研究。他详细研究了这方面的文献资料，并多次遍访欧洲各国以及美国，进行实地考察，还向有关的研究单位了解这方面发展的最新水平。

在这期间，贝尔公司设计和建造了许多水果蔬菜气调冷库，其中最大的库容量达14,000吨。贝尔本人与比利时、荷兰、法国、意大利、瑞士、英国、加拿大、澳大利亚、南非以及美国的研究单位保持经常的联系，也与东欧各国交流经验。

(译者注：以上是原著出版时对作者的介绍)

目 录

前言.....	(1)
气调贮藏	(3)
早期研究	(4)
一、法国的研究	(4)
二、克利夫兰式贮藏	(5)
三、美国的研究.....	(7)
呼吸	(12)
影响气调贮藏的因素	(14)
适宜的贮藏温度	(15)
相对湿度	(16)
二氧化碳浓度	(18)
降低氧气浓度	(19)
技术设施	(24)
各种不同的体系	(24)
库房结构	(27)
隔热.....	(32)
隔热材料	(32)
传热方式	(34)
水蒸汽渗透	(35)
气密层	(37)
对气密层的要求	(39)
气密测试	(42)

隔热计算	(45)
冷却	(49)
冷却系统	(52)
制冷系统的能量调节	(54)
库房空气的加湿	(58)
湿度测定	(59)
二氧化碳脱除装置	(62)
活性炭-二氧化碳洗涤器	(68)
降低库房空气中的氧气浓度	(71)
氧气转化器 (氮气发生器) 的工作原理	(74)
乙烯的排除	(76)
二氧化碳的产生量	(77)
气体分析	(79)
奥萨特分析仪	(80)
二氧化碳	(81)
氧气	(81)
封闭液体	(83)
气体取样	(83)
取样过程	(85)
准备工作	(85)
测定的细则	(87)
自动奥萨特气体分析仪	(89)
二氧化碳电测定	(89)
氧气测定	(94)
测定原理	(94)
分析值的记录	(96)
贮藏条件	(99)

水果成熟度的测定	(100)
水果蔬菜气调贮藏一览表 (斯托尔汇总)	(103)
一、苹果	(106)
二、梨	(122)
三、核果	(128)
四、高档葡萄和浆果	(134)
五、柑桔	(139)
六、南方水果和坚果	(142)
七、蔬菜类	(146)
八、各种蔬菜	(150)
入库时的准备工作	(169)
检查	(174)
出库	(179)
部分出库	(180)
作其它使用的可能性	(182)
贮藏蔬菜	(182)
各种不同的果实	(185)
马铃薯的贮藏条件	(187)
试验箱	(192)
专业词汇索引	(196)
第一部分 蔬菜	(196)
第二部分 果实	(204)
第三部分 特殊名称和不同文字表示	(212)
专业杂志目录	(216)
参考文献	(219)

前 言

在特定空气状态下贮藏水果和蔬菜，是近几十年来各国研究单位研究和试验的成果。其中一部分已在商业上推广使用，而大部分研究成果还未被充分利用，或者在运用时不很经济。这首先是由于缺少合适的技术设备，致使气调贮藏法发展缓慢。因此对本方法需求很小，甚至认为，花一大笔费用来发展它是不恰当的。于是，开始了业余试制设备的年代。

五十年代末，当舒尔茨公司把发展这种专门贮藏法的技术设备纳入自己的计划，并把它提高到最新水平时，才出现了真正的突破。由此所取得的成绩（即贮藏水果和蔬菜时能够保证质量），增加了这种贮藏方法在商业上运用的可能性，并使它有利可图。

这种贮藏系统有不同叫法。这些叫法分别表示气调贮藏发展历史上的特点，对此本文将详细探讨。

如果在撰写本文以后，还认为气调法是贮藏水果的最新方法，那应归之于以前只发表一些试验报告和简短指南，因而至今广大公众对这项贮藏水果的应用技术了解不多。因此，目前对本专业资料的需求越来越大是可以理解的。我写这本书的目的就在于满足上述要求。

我在这个领域里当了多年工程师，并经常去美国考察，

因此能不受欧洲水平的局限，更全面地了解目前应用这种贮藏技术的水平。

这里谨向给我帮助的在国外的几位朋友表示感谢，特别是对为本书作出贡献的瑞士联邦韦登斯维尔水果和园艺研究所卡尔·斯托尔博士表示谢意。此外，还向埃姆里希·施密特工程师致谢。他曾是本专业的顾问工程师，帮助我所建造的气调库投产，并向我的同事们介绍了大量的有关知识。

作 者

气 调 贮 藏

这是一种不必添加任何防腐剂，以“特定空气成分”的冷却物冷藏间使新鲜水果和蔬菜定期保鲜的方法。

原来水果和蔬菜存放在空气中，后来按比例改变空气的成分（如氧气、二氧化碳和氮气）。因而在“可变空气”中贮藏比在“空气”中贮藏的说法来得确切。同时温度的变化也是同样重要的因素，但不能说是最重要的因素。

在整个贮藏期内，库房要保持这种新的状态，并通过连续调节尽可能使之不变。从这种方法最后演变出“气调”的概念，而过去所有的定义，譬如“可调空气”、“二氧化碳库”以及“气体库”等特别容易使外行误解。

与其它保存方法（譬如蜜饯加工和冻结贮藏）不同，“气调”贮藏的水果和蔬菜仍维持其生活状态，只不过是延缓了生长势或生长速度，从而达到延长贮藏期的目的，使水果和蔬菜能更长久地保持新鲜和可食用状态。这种贮藏方法是目前水果、蔬菜保鲜的最新方法。

十九世纪末，植物生理学家已了解到，生长着的植物和果实呼出的二氧化碳和消耗的氧气几乎等量。同时也已确定，减小果实周围空气中氧气浓度即能延缓果实的新陈代谢作用。1916至1920年期间，英国研究人员基德和韦斯特以这种认识进行了试验。但直到1928年才第一次用于商业上。

早期研究

多年来,气调贮藏在某形式上多少是根据偶然的经验进行的。把桶装苹果埋入地下,并用土和废料覆盖的习惯是引导气调贮藏的先驱。水果存放在不通风的船舱中运输也是一种气调贮藏^①。所存的水果偶尔也会出现确实保存好的情况。但人们既找不出好的理由,也寻不到坏的原因。换句话说,没有任何可靠的科学认识。本章将回顾从十八世纪初到十九世纪初的一百年里有关气调方面早期的科学研究。

一、法国的研究

有关空气对水果成熟影响的科学研究,第一次似乎是由杰克·爱丁纳·贝拉特做的。他是法国南部蒙彼利埃药学院教授,法国自然科学院通讯院士。他在1819年和1820年所做的研究结果于1821年发表,并荣获科学院物理奖^②。

作为全面研究的一部分,贝拉特发现水果吸进氧气并呼出二氧化碳。他确认,水果若存放在除去氧气的空气中,则

① 科学和工业研究部水果气调贮藏小组的富兰克林·基德,西里尔·韦斯特和N·A·基德在食品调查的专门报告30号(1927年)第10章上,尤其在第47页上详细讨论了船舱通风的情况。

② 杰克·爱丁纳·贝拉特于1821年的《化学物理年鉴》(16卷)152—183和225—251页上发表了关于水果成熟的论文,主要是在178和248—250页上。贝拉特的履历是出色的;1832年他在蒙彼利埃从事医学专业,1846年被选为药学院院长,从1837到1839年他担任“Herault”的代表。他是同时代许多科学家的挚友。他也是著名的“Société d'Arcueil”的成员(这些和另一些传记材料都是承法国科学院的R·库里尔于1966年10月21日来信中提供的)。

不成熟。他又补充说，水果在这种条件下存放不太久的话，则只能调节上述功能。当水果重新放入可调空气中，则能恢复成熟过程。因此，贝拉特指出，水果有可能保存一段时间，即能“延长其食用价值”。

贝拉特采用的方法是，把一种吸收性化学糊剂放入桶中，然后放入成熟前采摘的完好的苹果（水果尽可能与化学药品隔开）^①。然后将桶封闭。根据贝拉特的看法，水果不久即会贮藏在没有氧气的空气中。他指出采用这种方式，水果似乎能在库温下保存。譬如桃、李、杏能保存20天到1个月，梨和苹果约三个月。若按时出库，则能正常成熟；但若超过这段时间，则不能。

尽管贝拉特的研究引起科学上的重视，但似乎没有用于商业上^②。

二、克利夫兰式贮藏

克利夫兰一位重要库房主本杰明·尼塞，于1860年独自建成并经营一座库房。这个库房采用了气调贮藏的许多重要部分。

尼塞了解果实成熟或呼吸过程的基础化学。他解释为，水果存放在库房或容器中缓慢成熟，同时不断产生二氧

① 化学糊剂是由氢氧化钙、硫酸铁和水组成。这些化学药品反应时吸收氧气，同时也可能吸收二氧化碳。实际上目前在许多商业性苹果库内还在使用氢氧化钙来去除过量的二氧化碳。反应的结果可能造成低氧和低二氧化碳浓度的空气，即以低氧浓度著称（作者曾与国家标准局无机化学部的罗尔夫·约翰尼森博士讨论过贝拉特糊剂的作用）。

② 参见美国农业部化学局1905年94号公报9—10页，W·D·比奇洛等著的《对苹果的研究》（根据法国整理的一个材料）。

化碳和水，氧气一般约在48小时内耗尽。最终，空气完全由氮气和二氧化碳组成。氮气是惰性的，没有活性，既无好作用，也无坏影响。当时没有发现二氧化碳对贮藏水果有什么影响。现在从水果中不再产生氢和碳，因为那里没有与之结合的因素。分解也停止了^①（原文如此，可能是尼塞当时的见解——译者注）。

尽管尼塞对一般情况了解得很清楚，但他似乎不明白，氧气浓度过低或二氧化碳浓度过高时会损坏水果。

尼塞式库房约建于1865年，其外表看起来是气密的。库房外面包着由普通26号钢板做的气密围护，边上涂一层厚厚的涂料，并用钉子固定在竖向骨架上^②。

上述方法由以下事实证明是有效的：装水果的库房二氧化碳浓度很快升高，火焰就不能燃烧了^③。

建筑物本身是隔热的，并由专门的冰系统冷却。尼塞不让库内温度超过34°F（约1°C）。但他错误地认为，湿度有必要尽量降低，并指出测定和控制湿度的方法（一种采用漂白粉做吸湿剂的形式）。

出库时，水果一般保持明显的良好状态。但他也谈了一些问题，有几桶水果明显地出现了二氧化碳中毒现象。他还

① 尼塞有一篇文章《一个老的水果库》，登载在《冰和冷却》（现改名为《工业冷却》）杂志1895年7月（第4卷第1期）23页。（这篇文章还包括循环的计算，似乎是尼塞于1871年和1873年之间写成。尼塞死于1873年。）

② 约翰·A·沃德著的《苹果》（美国果树学），纽约奥林奇·贾德公司1867年出版，291页（本书有尼塞库的三幅外形图）。

③ 索斯·L·兰金：《本杰明·M·尼塞教授》，见《冰和冷却》1894年6月号（第6卷第6期），405页（本文介绍尼塞传略）。

发现，这种中毒现象通过打开容器可以减少。他起先感到很惊奇，控制不好反而不出现二氧化碳中毒。后来他确认下列因素会减少中毒的可能性：（1）库门应保持气密，但事实上库门需要经常敞开，不能封闭，因而总会进入一定量空气。（2）可能有一些空气经库墙渗漏。

这种贮藏方法肯定是能盈利的。尼塞介绍了下列数据：1870年到1871年期间贮藏4,000舍费尔（译者注：古代德国容积单位，一个舍费尔相当于54.99公升到222.36公升，各地不同）苹果，每舍费尔苹果成本为0.60美元，售价为2.40美元。此外4,000舍费尔之中300舍费尔供食用出售。这样，通过贮藏得到毛利约为6,700美元。现在不清楚，这个毛利有多大。

尽管这种系统一定程度上已公开了，并确实有效，可是并不能证明这种系统已被广泛应用。不少人就这种系统申请专利权，但尼塞优先取得了。而在《1900年农业年鉴》的一篇文章中讨论这种系统时，未曾提及其它可供参考的科学文献^①。

三、美国的研究

就气调贮藏来讲，二十世纪初开始了早期研究的第三阶段，包括由农业大学和美国农业部研究人员所做的研究。但有一点不同，他们的研究是以比延长贮藏期更为广泛的研究课题作为目标的。

第一批了解不同成分空气对水果贮藏影响的美国科学

^① 威廉·A·泰勒：《冷却对水果加工的影响》，载美国农业部1900年农业年鉴，1901年出版，565页。

家，似乎是华盛顿州立大学的R·W·塔切和N·O·布思。1903年前后，他们开始研究不用冷藏而以其它手段来延缓水果成熟^①。他们的试验方法之一，是把苹果分别封存在五种不同的气体，即氢、氮、氧、二氧化碳和二氧化硫中，并保证控制空气成分不变。苹果装入约四分之一舍费尔（9.087升）容量的容器中，容器充气并存放在明亮而较热的实验室里，六个月后打开容器。

贮藏 in 二氧化碳中的苹果，果肉结实，具有典型的苹果颜色，尽管容器中有因果汁发酵而散发的清淡酸味，但不影响苹果的味道。贮藏 in 其它气体中的苹果，试验结果较差。研究人员观察到，“伴随成熟所发生的现象”因二氧化碳的关系而被大大抑制。上述试验在第二年夏天重复进行，但采用的是小果类，如覆盆子和黑莓。人们发现，浆果在空气中三天就变软，而在二氧化碳中7—10天仍保持硬度。但在这个关键时刻，布思离开了学校，可惜上述研究没有继续进行下去^②。

几年后，1907年美国农业部的富尔顿在一篇有关草莓的报告中指出：“这种水果一般贮藏时易受损坏，包括库房空气中存有少量二氧化碳的情况”。他又补充说：“只有大量存在

① 由于这项研究到1915年仍未发表，因而不能提供确切的日期，所以讲几年前。但布思在华盛顿州立大学任职期间确曾作过这项研究。一个文件证明，他从1902年9月到1904年6月曾在这所大学（华盛顿州立大学农业学院院长路易斯·L·马德森1966年9月14日来信）。

② R·W·塔切：《苹果产生的酶及其对成熟的影响》，《农业研究》杂志1915年10月18日（第5卷第3期），103—105页。可在103页上找到发表上述这个见解的原因。

这种气体时，才确实会引起损坏”①。

1913年乔治·R·希尔在康奈尔大学的一份报告中指出：“一定程度上桃子可以用化学上不活泼的气体，特别如二氧化碳来防止其变软”。他还观察到，水果在二氧化碳中贮藏后，其呼吸率有几天不能恢复正常。希尔又讲，他计划在下一年度扩大研究范围，即加进温度变化的因素，但看来他没能实现②。

接着，人们在研究燃烧过程时发现，二氧化碳影响水果的贮藏期和呼吸。首先发现这个现象的是美国农业部的查尔斯·布鲁克斯和J·S·库利。他们在试验中，把苹果放入容器内，通入含有5%的二氧化碳的空气，每周换气三次。五周后，他们发现水果仍保持绿色，果肉结实并新鲜。于是他们继续进行研究。试验结果表明，苹果短期贮藏在二氧化碳大量增加，氧气相应减少的空气中，会产生轻微的酒味，而苹果本身仍保持坚硬和无活性状态，并且苹果不能完全从这种状态中恢复过来③。

F·W·埃伦在1918年也有类似的发现（尽管直至1935年还没公开发表）。他的试验是把苹果装在密闭箱内，开箱

① S·H·富尔顿：《小果类冷藏》，美国农业部植物加工局108号公报，1907年9月，17页。

② G·R·希尔：《通风和贮藏条件下果实呼吸和植物组织的生长》，康奈尔大学农业试验站第330号公报，1913年4月，406页（这个公报是根据希尔于1912年用同样题目所作的博士论文）。并可参照他写的文章《通风与果菜贮藏质量的关系》，《华盛顿大学研究杂志》1913年7月（第1卷第1期）46—64页（希尔曾是密苏里植物园的工作人员）。

③ 查尔斯·布鲁克斯和J·S·库利：《温度、通风和湿度对红玉斑点病和贮藏中的呼吸过程的影响》，《农业研究杂志》1917年11月12日（第11卷第7期），306—307页。