

GUOPIN CAI HOU CHULI JI ZHUYUN BAOXIAN

果品采后处理 及贮运保鲜

王文辉 许步前 主编



金盾出版社

果品采后处理及贮运保鲜

主 编

王文辉 徐步前

副主编

孙希生

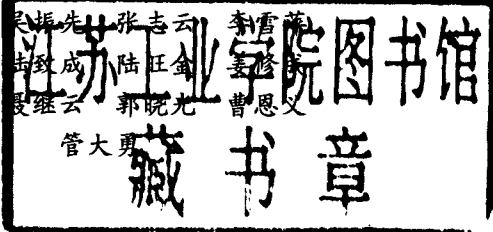
编著者(以姓氏笔画排序)

王文辉 王志华 孙希生 朱世江

余小林

李志强

徐步前



金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书由中国农业科学院果树研究所和华南农业大学的专家编写。内容包括:一是介绍了果品采后生理变化及影响果品贮藏保鲜的因素,果品采收及采后商品化处理、保鲜运输及销售,果品采后病虫害及其防治;二是介绍了土窑洞、通风库、冷藏库及气调库的设计建造及其贮藏保鲜管理;三是逐一介绍了我国南、北方 24 种果品的采后处理及贮运保鲜技术。本书汇集了作者多年的研究成果和实践经验,并参考了国内外最新研究资料,内容丰富全面,语言通俗易懂,技术先进实用,具有很强的指导性和可操作性强,可供从事果品贮运及经营者、广大果农、园艺技术人员阅读参考,也可供相关院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

果品采后处理及贮运保鲜/王文辉,徐步前主编. —北京:金盾出版社,2003.9

ISBN 7-5082-2576-7

I. 果… II. ①王…②徐… III. ①水果-贮运②水果-食品保鲜 IV. S660.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 050412 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 66882412

传真:68276683 电挂:0234

彩色印刷:北京外文印刷厂

黑白印刷:北京金盾印刷厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:12.625 彩页:32 字数:299 千字

2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—11000 册 定价:20.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

我国是世界水果生产大国。近年来,我国水果年产量一直稳定在 6 000 万吨以上,2001 年达到 6 336 万吨,占世界水果总产量的 13.5%,居世界首位。但同时应该看到,无论是产品质量还是出口数量,距世界水果强国尚有一定差距。这其中有多方面的因素,单从采后方面来说,贮运保鲜能力差、技术水平低及其他采后处理环节薄弱等都是制约我国水果持续健康发展的瓶颈。目前,我国果品贮藏能力(土窖贮藏、节能贮藏、冷藏和气调贮藏)占总产量的 25% 左右。其中各种形式的冷藏和气调贮藏不足总产量的 10%,气调贮藏还不到 1%。可以想像,75% 的水果采后在较短时间内抢占有限的市场,必然滞销价跌,一时卖不出去,就会失水腐烂。但是,春节过后,尤其是四五月份后,市场上高质量的水果又不多见。因此,采后处理环节薄弱也是影响我国水果价格的重要因素。目前,我国仅有 1% 左右的果品经过分级、包装等处理后投放市场,而发达国家的鲜果几乎百分之百地进行采后商品化处理。

为促进我国果品采后处理及贮运保鲜事业的发展,满足广大果业人员对采后技术的需要,本书由中国农业科学院果树研究所、华南农业大学等单位多位专家在总结多年实践经验和研究成果的基础上,参考国内外最新资料及科研成果编写而成。本书着重介绍了以下几方面内容:一是从水果采后生理变化、采前采后因素对贮运的影响及采后分级、包装、病虫害及其防治、运输等方面,介绍了果品贮藏(运)及采后处理的基本原理、措施和方法等内容;二是从工程领域,也就是在果实采后至消费过程中,尽可能设计一个利用物理的方法(如通风降温、机械制冷、调节环境气体成分等)来保持果品质量,重点介绍了土窑洞、通风库、冷藏库及气调库的设计建造及其贮藏管理;三是南、北方主要果品采后处理及贮运保鲜技

术,也是本书核心内容,涵盖了北方的苹果、梨、葡萄等 14 个主要水果种类,以及南方的柑橘、香蕉、荔枝等 10 个主要水果种类。在每种水果的采后处理部分都列出了国家颁布的有关产品等级标准内容,附录部分摘编了国家已发布的 7 个贮藏技术标准及我国现行有效的果品及贮藏加工等相关标准目录,可供广大果农、技术人员和水果经营者参考。

本书由王文辉(中国农业科学院果树研究所副研究员)、徐步前(华南农业大学副教授、博士)主编,负责统稿、修改及审定工作。全书共分八章。第一章由徐步前编写,第二章由朱世江、王文辉编写,第三章由余小林、王文辉、聂继云、陆旺金编写,第四章由陆旺金编写,第五章由李雪萍、王文辉编写,第六章由王文辉、郭晓光(气调库部分)、曹恩义、管大勇、姜修成、张志云编写,第七章由王文辉、孙希生、李志强、王志华、陆致成编写,第八章由吴振先、李雪萍(番木瓜部分)编写。第七、八章有关国家水果(产品部分)等级标准及附录二由聂继云归纳整理。王志华、王宝亮参与了全书文字校对工作,部分绘图由姜修成完成,在此一并致谢。插页彩照除署名及气调库和气调设备外,均为王文辉提供。

本书内容较为广泛,加之时间仓促和我们水平有限,错误和疏漏之处在所难免,敬请读者指正。

编著者

2003 年 5 月

目 录

前 言

第一章 果品采后生理变化	(1)
一、果品的呼吸作用	(1)
(一)有关果品呼吸的若干概念	(1)
(二)影响呼吸作用的因素	(4)
二、果品的蒸腾作用	(9)
(一)水分蒸散对水果贮藏的影响	(10)
(二)影响蒸散作用的因素	(10)
三、果实化学成分构成及其采后的变化	(12)
(一)水分	(13)
(二)色素成分	(13)
(三)糖、有机酸等味觉成分	(14)
(四)芳香物质	(16)
(五)质地成分	(16)
(六)维生素、矿物质和含氮物质	(17)
第二章 影响果品贮藏保鲜的因素	(18)
一、采前因素	(18)
(一)种类与品种	(18)
(二)树体生长情况	(19)
(三)果园的生态条件	(20)
(四)栽培措施	(23)
二、贮藏环境因素	(24)
(一)温度	(24)
(二)湿度	(26)
(三)氧气和二氧化碳	(27)

(四)乙烯	(28)
三、水果的易腐性(耐贮性)分类	(29)
第三章 果品采收及采后商品化处理	(31)
一、适时采收	(31)
(一)水果不同成熟程度阶段	(31)
(二)判断水果采收成熟度的方法	(32)
二、采后处理的一般程序	(35)
三、果品的分级	(37)
(一)分级的目的和意义	(37)
(二)分级标准	(38)
(三)分级方法	(38)
四、果品标准和贮藏技术标准	(40)
(一)国际及美国果品标准体系	(40)
(二)中国果品标准制定情况	(41)
五、果品包装	(42)
(一)包装的要求	(42)
(二)包装的种类	(43)
六、预冷	(45)
(一)预冷的作用及要求	(45)
(二)预冷的的方法	(45)
七、晾晒	(48)
八、入贮及码垛	(49)
第四章 果品的运输及销售	(50)
一、运输方式及工具	(50)
(一)铁路运输	(50)
(二)公路运输	(51)
(三)水路运输	(52)
(四)航空运输	(52)
二、运输及装卸的要求	(53)

(一)温度	(53)
(二)湿度	(54)
(三)气体成分	(54)
(四)包装	(55)
(五)振动	(55)
(六)堆码方式	(55)
(七)卸车	(57)
三、销地贮藏及催熟	(58)
四、果品展示	(59)
第五章 果品采后病虫害及其防治	(60)
一、侵染性病害	(60)
(一)采后主要侵染性病害	(60)
(二)病原菌的传播来源与侵染	(61)
(三)影响发病的主要因素	(62)
(四)采后贮运病害的综合防治措施	(63)
二、生理病害	(69)
(一)生理病害的类型、症状及发病因素	(69)
(二)生理病害病因分析与控制	(73)
三、采后害虫及虫害防治	(75)
(一)低温处理	(75)
(二)热水浸泡或热空气处理	(75)
(三)药剂熏蒸处理	(76)
(四)天然杀虫剂	(76)
第六章 果品贮藏方式及其管理	(77)
一、自然冷源贮藏	(77)
(一)简易贮藏	(78)
(二)土窑洞贮藏	(79)
(三)通风库贮藏	(81)
二、人工制冷贮藏	(85)

(一)机械冷库贮藏	(85)
(二)气调贮藏	(101)
第七章 北方主要果品采后处理及贮运保鲜	(123)
一、苹果	(123)
二、梨	(142)
三、葡萄	(160)
四、鲜枣	(172)
五、鲜桃	(177)
六、李子	(185)
七、杏	(192)
八、猕猴桃	(196)
九、甜樱桃	(201)
十、草莓	(205)
十一、柿子	(212)
十二、哈密瓜	(215)
十三、石榴	(221)
十四、板栗	(224)
第八章 南方主要果品采后处理及贮运保鲜	(232)
一、柑橘类	(232)
二、香蕉	(242)
三、荔枝	(252)
四、龙眼	(260)
五、芒果	(267)
六、菠萝	(274)
七、番木瓜	(280)
八、枇杷	(283)
九、杨桃	(289)
十、杨梅	(292)
附录一 我国果品贮藏技术标准摘编	(296)

附录二 我国现行有效的果品及贮藏加工等相关标准目录	
.....	(339)
参考文献.....	(358)

第一章 果品采后生理变化

果品贮藏的实质,就是创造一定的外部环境条件,使果品最低限度地利用消耗自身能量,维持正常健康的生命活动过程。因为采收后的水果脱离了植株母体,所以不能再从母体获得养料和水分,也不能进行正常的光合作用合成有机物质,但它还是一个具有生命活动的活体,必须通过呼吸作用消耗体内贮存的有机物,进行一系列的生理生化变化以产生能量维持生命的延续,同时组织逐渐趋于衰老,最后腐烂变质。因此,要保持采后果实的鲜度和品质,就得了解这些变化规律,从而采取相应的保鲜措施,只有这样,才能延长果品贮藏期,达到提高经济效益和社会效益的目的。

一、果品的呼吸作用

呼吸作用是果品采后最基本的生理代谢活动,也是影响水果耐贮藏性最重要的因素。果品的呼吸作用是在一系列酶的参与下,吸收空气中的氧气,将果实内复杂的有机物质逐步降解为二氧化碳(CO_2)、水(H_2O)等,同时释放出能量的生命活动过程。一方面,果实通过呼吸作用产生能量,维持自身的生命活动,抵御不良环境和病菌的侵染;另一方面,如果呼吸过于旺盛,果实的各种代谢活动增强,衰老加快,贮藏寿命也相应缩短。因此,在维持正常生命活动的前提下,应该尽量降低果实的呼吸强度,以延长贮藏寿命。

要了解采后水果的呼吸作用,必须首先弄清楚关于采后果品呼吸的一些概念。

(一)有关果品呼吸的若干概念

1. 呼吸强度 呼吸强度是用来表示果品呼吸作用强弱的一

个指标,它是指 1 千克(kg)果实在 1 小时(h)内放出二氧化碳(CO_2)的毫克(mg)数或毫升(ml)数,即 $\text{mgCO}_2/\text{kg}/\text{h}$ ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)或 $\text{mlCO}_2/\text{kg}/\text{h}$ ($\text{mlCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)。也可以用单位重量、单位时间内吸收的氧气的重量或体积数来表示。果品在贮藏中呼吸强度的大小,可以作为我们判断产品耐贮性高低的重要指标。果品的呼吸强度增加,意味着养分消耗加快,衰老变质加速,贮藏寿命缩短。但是也不能过度抑制呼吸强度,否则容易破坏正常的生理功能,引起生理伤害,同样会缩短贮藏期。呼吸强度的测定方法,有密闭式和通气式的化学测定法,还有采用气相色谱的仪器测定法等。

2. 呼吸跃变型和非呼吸跃变型 根据果实成熟时呼吸强度的变化不同,可分为呼吸跃变型和非呼吸跃变型两种类型。呼吸跃变型又称呼吸高峰型。其特征是水果采后其呼吸强度先略有下降,而后迅速上升,并出现高峰,随后很快下降。这类水果伴随呼吸高峰的出现,达到最佳鲜食品质,高峰过后,鲜食品质迅速下降。这类水果成熟过程中一般乙烯生成量较大(如苹果内源乙烯通常高达 25~2 500 微升/升),且随着呼吸跃变伴随有乙烯高峰的出现。不同种类和品种水果呼吸跃变出现的时间及强度差异较大。用于贮藏,尤其是中长期贮藏的此类水果,通常需要在呼吸跃变之前采收。一般而言,呼吸跃变型水果,尤其是跃变强度较大的水果,在常温下耐贮性相对较差,采用冷藏或气调贮藏效果甚好。如苹果、猕猴桃、软肉梨等。也有的学者从呼吸高峰型水果中又分出末期上升型,如柿子、桃等。

非呼吸跃变型水果又称非呼吸高峰型水果。果实在采后成熟衰老过程中,呼吸强度呈持续缓慢下降,并无峰值出现。非呼吸跃变型水果一般乙烯生成量较低,多数在 0.1 微升/(千克·小时)以下。用于贮藏或鲜食的此类水果,通常以在充分成熟(但不过熟)时采收为好。不同水果呼吸类型见表 1-1。

表 1-1 水果呼吸类型分类

呼吸类型	呼吸跃变型	非呼吸跃变型
水果种类	苹果、梨、猕猴桃、香蕉、桃、李、杏、芒果、鳄梨、番木瓜、柿子、无花果、甜瓜等	柑橘、葡萄、鲜枣、草莓、石榴、櫻桃、菠萝、柠檬、荔枝、枇杷等

3. 有氧呼吸和无氧呼吸 水果的呼吸作用可分为有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。前者是在有氧条件下,将糖、有机酸、淀粉及其他物质完全氧化分解成为二氧化碳和水,并释放出能量,这是果品主要的呼吸方式。无氧呼吸又称为发酵,就是在氧气不足的条件下,呼吸底物不能完全氧化,而是生成乙醛、乙醇等中间产物,并释放出少量的二氧化碳和能量。乙醛和乙醇的大量积累会产生毒害作用,使果实品质变劣,产生异味。因此在贮藏过程中,要避免造成水果的缺氧呼吸。一般情况下,果实不会产生缺氧呼吸。但在气调贮藏和塑料薄膜包装中,若氧气容量过低,组织就会产生无氧呼吸,果实产生酒精味,这就是人们通常所说的低氧伤害。

4. 呼吸商 呼吸产生的二氧化碳和吸收的氧气的容积比称为呼吸商,也称为呼吸系数,通常用 RQ 表示。呼吸商的作用主要有两点:第一,可反映呼吸底物的种类。当以糖为呼吸底物时, $RQ = 1$;当有机酸为底物时, $RQ > 1$;当脂肪或蛋白质作为底物时, $RQ < 1$ 。第二,根据呼吸商大小可大致了解果实缺氧呼吸的程度。缺氧呼吸严重时, RQ 值大幅度上升。

5. 呼吸热 无论是有氧呼吸或缺氧呼吸,在水果的呼吸过程中都会放出能量,其少部分用于维持生命活动及合成新的物质,大部分都以热能的形式释放于体外,这些在呼吸过程中释放的能量叫做呼吸热。

呼吸热简单计算方法:将呼吸强度 $[(CO_2 \text{ 毫克}/(\text{千克} \cdot \text{小时}))]$ 最高值或平均值乘以 220 可转换为 $Btu/(\text{吨} \cdot 24 \text{ 小时})$,乘以 61 可

转换为千卡/(吨·24 小时)。水果发出的呼吸热会使贮藏环境温度升高,加快果实品质下降。呼吸强度高的水果,当然呼吸热也大,因此在冷藏库设计和制冷设备的选用时,必须计算出贮藏对象产生的呼吸热,使选用的制冷机有足够大的制冷能力,以保持水果贮运时所需的低温。

(二)影响呼吸作用的因素

1. 种类和品种 不同种类和品种的水果,呼吸强度差异很大(表 1-2,表 1-3)。这是由其遗传特性和生产环境条件等多种因素所决定的。仁果类(如苹果、梨等)、柑橘类等的呼吸强度较低;浆果类、核果类(如桃、李、杏)的呼吸强度较高。一般来说,南方生长的水果比北方生长的水果呼吸强度高。同一品种,早熟品种比晚熟品种呼吸强度高,夏季成熟的比秋、冬季成熟的呼吸强度高。

表 1-2 不同温度下水果的呼吸强度 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

产 品	温 度($^{\circ}\text{C}$)					
	0	4~5	10	15~16	20~21	25~27
夏苹果	3~6	5~11	14~20	18~31	20~41	—
秋苹果	2~4	5~7	7~10	9~20	15~25	—
巴 梨	3~7	5~10	8~21	15~60	30~70	—
贵妃梨	2	—	—	11~24	15~28	20~29
葡萄(美国)	3	5	8	16	33	39
葡萄(欧洲)	1~2	3~6	8	10~12	—	25~30
桃	4~6	6~9	16	33~42	59~102	81~122
李	2~3	4~9	7~11	12	18~26	28~71
杏	5~6	6~9	11~19	21~34	29~52	—
甜樱桃	4~5	10~14	—	25~45	28~32	—

续表 1-2

产 品	温 度(℃)					
	0	4~5	10	15~16	20~21	25~27
酸樱桃	6~13	13	—	27~50	39~50	53~71
黑 莓	18~20	31~41	62	75	155	—
草 莓	12~18	16~23	49~95	71~92	102~196	169~211
日本柿子	—	6	—	12~14	20~24	29~40
猕猴桃	3	6	12	—	16~22	—
网纹甜瓜	5~6	9~10	14~16	34~39	45~65	62~71
西 瓜	—	3~4	6~9	—	17~25	—
鳄 梨	—	20~30	—	62~157	74~347	118~428
香蕉(青)*	—	—	—	21~23	33~35	—
成熟香蕉	—	—	21~39	25~75	33~142	50~245
欧洲越橘	2~10	9~12	23~35	34~62	52~87	78~124
葡萄柚	—	—	7~9	10~18	13~26	19
柠 檬	—	—	11	10~23	19~25	20~28
莱姆酸橙	—	—	—	6~10	7~19	15~45
橘 子	2~5	4~7	6~9	13~24	22~34	25~40
鲜无花果	—	11~13	22~23	49~63	57~95	85~106
荔 枝	—	—	—	—	—	75~128
芒 果	—	10~22	—	45	75~151	120
番木瓜	—	4~6	—	15~22	—	39~88
绿熟菠萝	—	2	4~7	10~16	19~29	28~43

资料来源:摘引自美国农业部农业手册第 66 卷,果树花卉苗木商业性贮藏,1986

* 13℃呼吸强度为 $14 \sim 20 \text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

表 1-3 部分水果品种 20℃及 0℃下果实呼吸强度
(中国农科院果树研究所测定)

种 类	品 种	呼吸强度($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	
		0℃	20℃
梨	八月红	4 ~ 5	33 ~ 46
	五九香		21 ~ 40
	京 白		18 ~ 47
	南 果		20 ~ 34
	锦 香		26 ~ 49
	锦 丰		14
	金花 4 号		23
	酥 梨	2.8	15
	黄 金		14 ~ 15
	丰 水		14 ~ 16
苹 果	新红星	3.0	14 ~ 19
	乔纳金		14 ~ 26
	津 轻		14 ~ 29
	金 冠	3.5	11 ~ 31
	富 士		9 ~ 14
鲜 枣	铃枣(锦西)		41 ~ 63
	大平顶(朝阳)	8 ~ 10	33 ~ 76
葡 萄	葡萄(藤稔)浆果/果梗		12 ~ 18/137 ~ 204
	葡萄(巨峰)浆果/果梗		22/74
桃	朝阳蜜桃/八月脆		32 ~ 41/45

2. 发育阶段及成熟度 果实不同发育阶段呼吸强度不同。一般来说,果实在发育初期生理活动旺盛,呼吸强度很高。随着果实的生长发育,呼吸强度逐渐下降。呼吸跃变型水果随着果实从

成熟、完熟到衰老,呼吸强度呈下降——上升——再下降的变化。非呼吸跃变型水果随着果实从成熟、完熟到衰老,呼吸强度一直呈逐渐下降的趋势。

3. 温度 温度是对采后果实呼吸作用影响最大的环境因素。在一定范围内,温度越低,果实的呼吸越弱,呼吸高峰峰值越低,且出现时间越晚,果实贮藏期也就越长。但温度过低也会影响果实组织正常的生理代谢,容易发生低温伤害,造成损失。特别是原产于热带、亚热带的水果,不宜在过低的温度下贮藏。相反,温度过高也不利于贮藏,初期呼吸强度上升,但随后迅速下降,造成生理伤害。例如香蕉,环境温度高于 28℃ 时果皮不能转黄,呈现青皮熟。此外,要尽可能避免贮温忽高忽低,以防止刺激果实的呼吸作用增强,增加营养物质的消耗。

温度对呼吸作用的影响可以用温度系数(Q_{10})表示,即温度每上升 10℃ 呼吸强度增加的倍数。 Q_{10} 数值越大,说明降温对于抑制果实呼吸、延长贮藏寿命越有效。水果的 Q_{10} 值一般为 2~3。但在不同温度范围,其值差异较大。通常在 0℃~10℃ 范围内差异最大。说明越接近 0℃,温度对果实呼吸强度的影响越大。因此,在不出现冷害和冻害的前提下,应尽可能降低贮运温度,以最大程度地抑制果实呼吸作用,延长贮藏寿命。据中国农科院果树研究所测定,对梨(八月红)呼吸影响较大的温度范围有两个区域:一是 20℃~25℃ 范围内,呼吸强度最高;二是在 0℃~10℃ 范围内,尤其是越接近 0℃,温度对果实呼吸强度影响越大(表 1-4)。

表 1-4 八月红梨不同温度范围的温度系数

(中国农科院果树研究所测定)

温度范围(℃)	0~1	1~8	8~13	13~20	20~25	25~30	30~33
温度系数(Q_{10})	13.4	3.2	3.0	2.5	4.0	1.0	0.8

注:表中 Q_{10} 的计算方法为呼吸强度增加倍数 ÷ 温差值 × 10。该方法不太符合 Q_{10} 的定义,只是为了做一比较