



金苹果丛书

果蔬

李喜宏 陈丽
关文强 胡云峰 编著

薄膜保鲜技术

天津科学技术出版社



果蔬

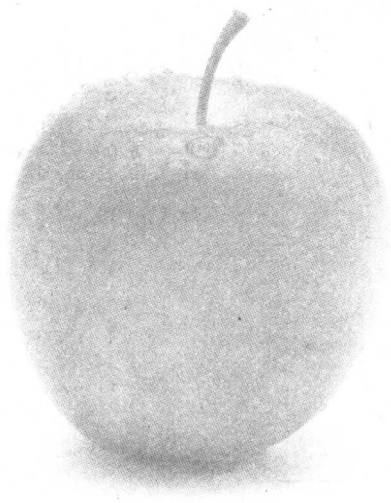
技术 | 薄膜保鲜

天津科学技术出版社



金·苹·果·丛·书

李喜宏 陈 丽
关文强 胡云峰 编著



图书在版编目(CIP)数据

果蔬薄膜保鲜技术/李喜宏等编著. —天津:天津科学技术出版社, 2003. 9

(金苹果丛书)

ISBN 7-5308-3468-1

I. 果... II. 李... III. ①薄膜—应用—水果—保鲜
②薄膜—应用—蔬菜—保鲜 IV. S609

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第032024号

责任编辑:杨勃森

版式设计:雒桂芬

责任印制:张军利

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市和平区西康路35号 邮编 300051 电话(022)27306314

网址:www.tjkjbs.com.cn

天津新华印刷三厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 850×1168 1/32 印张 11.25 字数 274 000

2003年9月第1版

2003年9月第1次印刷

定价:17.00元

目 录

第一章 果蔬薄膜保鲜机理	(1)
一、引言	(1)
二、果蔬保鲜膜的保鲜机理	(2)
三、果蔬保鲜膜研究应用现状	(15)
四、MA 保鲜膜的突破口	(18)
五、果蔬 MA 的极值与阈值	(21)
第二章 果蔬保鲜膜 MA 贮藏基础	(34)
一、保鲜膜的透气规律图解分析	(34)
二、保鲜膜的透气规律费克—亨利定律分析	(36)
三、薄膜气调贮藏的数学模型	(38)
四、果品薄膜小包装 MA 贮藏的设计	(45)
第三章 新型果蔬保鲜膜的生产工艺及配方	
设计	(54)
一、果蔬保鲜膜的质量与卫生标准	(54)
二、果蔬保鲜膜性能标准	(62)
三、果蔬保鲜膜的设备设计	(62)
四、果蔬保鲜膜的配方设计基础	(70)

五、果蔬保鲜膜配方设计	(75)
六、果蔬保鲜膜的性能	(79)
第四章 果蔬保鲜膜的气调贮藏方法与应用	(84)
一、果蔬保鲜膜的气调贮藏方式	(84)
二、PVC 保鲜膜的应用	(97)
三、功能膜的应用	(115)
第五章 果蔬贮运销保鲜设施与应用	(127)
一、果蔬贮藏保鲜设施与应用	(127)
二、运输保鲜设施与应用	(154)
三、果蔬销售设施与应用	(168)
第六章 果品薄膜保鲜技术	(176)
一、苹果	(176)
二、梨和鳄梨	(180)
三、葡萄	(185)
四、猕猴桃	(189)
五、桃和油桃	(195)
六、杏	(198)
七、李	(199)
八、草莓	(200)
九、西瓜	(202)
十、甜瓜	(205)
十一、新疆甜瓜(哈密瓜)	(205)
十二、柑橘	(207)
十三、香蕉	(216)
十四、荔枝	(221)

十五、芒果	(224)
十六、龙眼	(227)
十七、凤梨(菠萝)	(228)
十八、山楂	(230)
十九、樱桃	(232)
二十、柿子	(234)
二十一、石榴	(239)
二十二、枣	(240)
二十三、板栗	(242)
二十四、核桃	(247)
二十五、枇杷	(249)
二十六、番木瓜	(250)
二十七、杨桃	(252)
二十八、椰子	(254)
二十九、番石榴(西番莲)	(254)
三十、橄榄	(255)
三十一、无花果	(255)
三十二、部分浆果类	(256)
三十三、甘蔗	(257)
三十四、杨梅	(257)
三十五、银杏	(258)

第七章 蔬菜薄膜保鲜技术

(260)

一、分类与保鲜概论	(260)
二、大白菜(结球白菜)	(266)
三、甘蓝(圆白菜、卷心菜、洋白菜)	(269)
四、抱子甘蓝	(271)
五、结球生菜	(271)

六、香菜(芫荽)	(273)
七、香椿芽	(274)
八、茼蒿(茼笋)	(275)
九、菠菜	(277)
十、韭菜、青蒜	(278)
十一、青葱	(280)
十二、葱苗	(280)
十三 菜心	(281)
十四、萝卜	(281)
十五、胡萝卜	(284)
十六、土豆(马铃薯)	(285)
十七、大蒜	(288)
十八、洋葱	(289)
十九、甘薯	(293)
二十、凉薯	(295)
二十一、木薯	(295)
二十二、薯蕷	(296)
二十三、辣根	(297)
二十四、菊苣	(297)
二十五、芹菜根	(298)
二十六、荸荠	(298)
二十七、山药	(299)
二十八、百合	(300)
二十九、牛蒡	(301)
三十、茱蓝	(301)
三十一、番茄(西红柿)	(302)
三十二、辣椒	(307)
三十三、甜玉米	(310)



三十四、茄子	(311)
三十五、树番茄	(312)
三十六、佛手瓜	(313)
三十七、黄瓜	(314)
三十八、南瓜、冬瓜	(316)
三十九、西葫芦	(316)
四十、豌豆	(318)
四十一、菜豆	(320)
四十二、荷兰豆	(322)
四十三、豇豆	(322)
四十四、花椰菜(菜花)	(323)
四十五、青花菜(绿菜花)	(325)
四十六、豆芽	(326)
四十七、芹菜	(327)
四十八、竹笋	(328)
四十九、石刁柏(芦笋)	(329)
五十、红菜薹	(331)
五十一、蒜薹	(332)
五十二、莲藕	(334)
五十三、茭白	(336)
五十四、姜	(336)
五十五、慈姑	(338)
五十六、芋头	(338)
五十七、蘑菇	(339)
五十八、草菇	(340)
五十九、平菇	(341)
六十、凤尾菇	(341)
六十一、香菇	(342)

六十二、金针菇	(343)
六十三、银耳、木耳	(343)
六十四、松茸	(344)
附录	(345)
参考文献	(349)

第一章 果蔬薄膜保鲜机理

一、引言

薄膜保鲜技术是将农产品采后装入具有特殊透气性的塑料袋内,借助塑料薄膜的选择透气性,依靠农产品自身呼吸,降低袋内 O_2 浓度,提高 CO_2 浓度,反过来利用这种生物能形成的“低 O_2 + 高 CO_2 ”协同效应,抑制自身呼吸消耗,延缓衰老,达到长期保鲜目的。称 MA (Modified Atmosphere Storage, 限制气体贮藏) 或 SCA (Self-controlled Atmosphere Storage, 自发气调贮藏)。

MA 技术的优点如下。

①简易 MA 技术调控因子主要是具有一定透气、透湿性能的塑料薄膜,当贮藏温度、品种等条件确定时,气调性能则趋于平衡,气调效果同 CA(机械气调)一样稳定。

②节能 MA 技术原理依靠果实呼吸调节气体指标,是生物能的一种巧妙利用途径,调气机制不同于 CA。不消耗电、油、煤等传统能源。正常使用耗能仅相当于 CA 库的 2%。

③方便 塑料保鲜袋使用时,将果实装入袋内,扎紧袋口即可,贮藏规模任意调节。并且贮、运、销或包装等环节保鲜膜可以通用或兼用,便携方便,省略 CA 库的固定设备。

④投资少 MA 技术体系自身投资规模,主要是保鲜膜的购置费,最小投资规模仅 0.5 ~ 10 元,折合贮藏成本(MA 费用/贮藏

总费用)占5%~10%,而CA库的最小投资单位不小于10万元,折合贮藏成本30%~40%。

⑤见效快 MA技术当年投资,当季回本盈利,CA库投资回收期长达10~15年。

⑥效益高 MA技术因投资少,正常使用费用低,无维护费,果蔬低温贮藏保鲜质量与CA库无显著差异,因此,现阶段MA保鲜效益是CA的3~4倍。

二、果蔬保鲜膜的保鲜机理

(一)果蔬的采后生理

1. 成熟衰老

成熟、完熟、衰老是大多数果蔬采后有代表性的三个生命阶段。

成熟,是果实生长的最后阶段,含糖增加,硬度下降,叶绿素逐渐消失,果皮出现光泽或带霜,此时可以采收,但不是最佳可食期。成熟分为生理成熟和园艺成熟两种,二者在多数情况下相同,但由于组织器官、食用、加工目的不同而有差异,如香蕉采收期为生理成熟的八成,叶菜类营养生长最佳期为最佳可食期,豆芽是生长初期,这种成熟即被称园艺成熟。成熟期是果蔬最佳入贮时期。

完熟,是果蔬采后在常温或最佳贮藏条件下,经过一定时间达到品种本身典型特征,即达到食用品质最好阶段——最佳可食期,表现为果实变软,香味浓郁,糖酸比适宜,是贮藏最关键阶段,这一时刻到来越晚说明选择的贮藏保鲜方法越佳。或者说长期保鲜就是最大限度地推迟或延缓这一阶段的出现。

衰老,是果蔬采后各种生理变化完成后,走向崩溃、死亡的标志,其征兆为呼吸跃变(达最高峰),乙烯达最高产量。

果蔬成熟采后的完熟、衰老阶段的色、香、味、形变化,伴随着

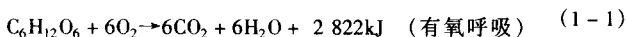
相应的一系列合成与降解的生化变化。完熟与衰老虽然是贮藏保鲜努力回避的生理阶段,然而对大多数果蔬来说,没有这些阶段果蔬就无法达到食用价值,如香蕉、柿子会苦涩,地瓜会涩而无味等。

果蔬常见化学分析指标与其形成品质中的作用概括如下:

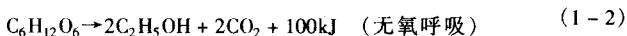
化学分析指标		在形成品质中的作用
新鲜果蔬品质评价指标	色	叶绿素
		绿色
		类胡萝卜素
		橙色、黄色
	花青素	红色、紫色、蓝色
		白色
	类黄酮素	白色
		白色
	香——芳香物质	
	各种芳香气味	
新鲜果蔬品质评价指标	味	糖
		甜味
		酸
		酸味
		单宁
		涩味
	杏	苦味
		苦味
		鲜味
		辣味
新鲜果蔬品质评价指标	营养	糖类
		一般
		脂类
		次要
		蛋白质
		次要
	矿物质	重要
		重要
		维生素
		重要
新鲜果蔬品质评价指标	质地	果胶物质
		致密性、成熟度、硬度
		纤维素
		粗糙、细嫩
	水分	脆硬
		脆硬
	残毒	亚硝酸盐、硝酸盐
		重要
		重金属
		重要
新鲜果蔬品质评价指标	农药残留	重要
		重要

2. 果蔬的呼吸

(1)呼吸的类型与特点 呼吸是农产品采后保持生命活动的本能反应,又是保鲜膜研制的支点。呼吸分为有氧呼吸(1-1 式)和无氧呼吸(1-2 式)两种形态:



葡萄糖 氧 二氧化碳 水 热量



葡萄糖 酒精 二氧化碳 热量

有氧呼吸是主要的呼吸方式,它从空气中吸收氧,将糖、有机酸、淀粉及其他物质氧化分解为二氧化碳和水,同时放出能量。释放出的能量一部分以热的形式散发出来,一部分用于合成新物质及维持细胞结构和功能。

无氧呼吸是果实在不良条件下的自救方式,呼吸产物是酒精,再进一步氧化成乙醛、乳酸等产物,若组织中这些产物积累过多,则将导致细胞中毒死亡。无氧呼吸产生的热量为有氧呼吸的2.5%,果实为了获得维持生命活动的足够热量就必须分解更多的有机物质,积累更多的中毒副产物,从而加速组织衰老、死亡。

果实出现无氧呼吸有两种情况,一种是贮藏环境如塑料袋内 O_2 的浓度低于临界指标,另一种是环境不缺氧,但由于组织结构原因,也能产生无氧伤害。如薯类,内层组织处在气体交换比较困难的位置,经常缺氧。通常情况下,大多数农产品贮藏期间供给 O_2 大于1%~5%。避免缺氧呼吸,反而可使碳水化合物分解速度减慢,从而降低消耗和减少缺氧呼吸产物,这种作用称为巴斯德效应。

(2)呼吸强度和呼吸商 呼吸强度和呼吸商是建立保鲜膜MA数学模型的原点量纲。呼吸强度是单位质量产品在单位时间内放出 CO_2 或吸入 O_2 的毫克数或毫升数,通常表示为 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot$

h)。呼吸商又称呼吸系数,是呼吸时释放的 CO_2 与吸入的 O_2 容积比(CO_2/O_2),以 RQ 表示。根据 RQ 值则可推测呼吸底物类型,如已糖 RQ 为 1,柠檬酸为 0.69,苹果酸为 1.33,草酸为 4。同种水果,不同温度条件下,RQ 值也不同,如伏令夏橙 $0 \sim 25^\circ\text{C}$ 时 RQ 为 1 左右, 38°C 时为 1.5。缺氧呼吸时,RQ 值增大,以此可初步推断缺氧水平。

(3)跃变型和非跃变型果蔬 呼吸是果蔬生命代谢内在本质规律,又是保鲜膜研制的杠杆。常根据是否有呼吸高峰,将果蔬分为跃变型和非跃变型果蔬两类,如图 1-1,图 1-2。跃变型果蔬在生长结束时,呼吸作用降低;成熟时,呼吸作用突然升高,然后再下降,这种现象称为呼吸跃变。非跃变型果蔬是指在整个生长、成熟、衰老过程中,呼吸作用始终缓慢降低。呼吸跃变(高峰)的出现标志着衰老、死亡的开始,直观上表现为果蔬品质与风味达到最佳,如苹果出现香味、可口的酸甜和脆甜感等。

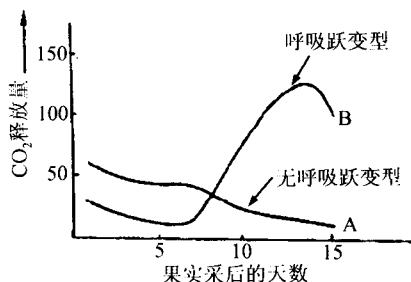


图 1-1 果实发育期间生长和呼吸模型

研究表明,呼吸跃变型果蔬 MA 保鲜效应,显著地优于无呼吸跃变型果实,而且呼吸跃变高峰出现之前,MA 处理效应最佳,并且 MA 效应与配套保鲜技术,如温度控制,密切相关。

以新红星苹果为例,如表 1-1 所示,不同温度条件下,呼吸高

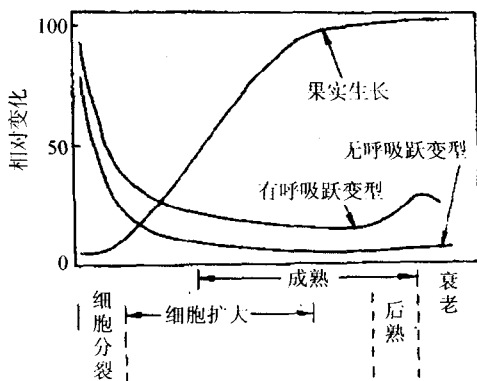


图 1-2 不同类型果实从生长结束
到成熟的呼吸模式

峰出现时间、果肉硬度之间均有显著性差异。20℃条件下第一呼吸高峰出现时间较 10℃提前 1 倍,较 0℃提前约 2 倍,而且峰值也高,贮藏 172 天果肉硬度小于 $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ (国内商品标准)。第二次呼吸高峰出现时间相同,但峰值不同。第一次高峰之后是风味最佳时期,第二次高峰之后是衰老加剧的开始。因此,MA 技术是充分利用“低温 + 低 O_2 + 高 CO_2 ”的协同效应,抑制第一次、第二次呼吸高峰的峰值,推迟第一次、第二次高峰的出现时间,反过来说明呼吸跃变型果蔬更适合于 MA 保鲜。

表 1-1 不同温度条件下的苹果呼吸强度与果肉硬度分析

(新红星苹果贮藏 172 天)

贮温℃	第一次呼吸高峰		第二次呼吸高峰		果肉硬度 (kg/cm^2)
	时间(天)	峰值($\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{h}$)	时间(天)	峰值($\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{h}$)	
20	10	15.32	67	9.59	3.35Cc
10	20	10.67	67	8.27	5.02Bb
0	39	9.30	67	4.53	6.67Aa

常见呼吸跃变型和非呼吸跃变型果蔬如表 1-2。呼吸跃变型果实是 MA 技术研究的重点。

表 1-2 常见果蔬的呼吸类型

有呼吸跃变型		无呼吸跃变型	
苹果	蜜瓜	伞房花越橘	橄榄
杏	番木瓜	可可树	柑橘
鳄梨	西番莲果	腰果	菠萝
香蕉	桃	甜樱桃	蒲桃
面包果	梨	酸樱桃	草莓
毛叶番荔枝	柿	黄瓜	拉丁美洲樱桃
猕猴桃	李	欧洲葡萄	树番茄
费约果	香肉果	葡萄柚	nor-番茄
无花果	刺果番荔枝	爪哇李	rin-番茄
番石榴	番茄	柠檬	
芒果	西瓜	荔枝	
硬皮甜瓜		山苹果	

(4) 影响呼吸强度的主要因素

①温度 温度是影响果蔬贮藏保鲜期的最重要因素,影响着许多生理活动,其中包括呼吸作用(表 1-3)。

表 1-3 常见果品不同温度条件下的呼吸强度 单位:CO₂mg/(kg·h)

果 蔬	温 度(℃)					
	0	4~5	10	14~16	20~21	25~27
苹果	2~4	5~7	7~10	9~20	15~25	
杏	5~6	6~9	11~19	21~34	29~52	
草莓	12~18	16~23	49~95	71~92	102~196	169~211
樱桃(甜)	4~5	10~14		25~45	28~32	
橙子	2~5	4~7	6~9	13~24	22~34	25~40
葡萄(欧)	1~2	3~6	8	10~12		25~30
猕猴桃	3	6	12		16~22	
桃	4~6	6~9	16	33~42	59~102	81~122
巴梨	3~7	5~10	8~21	15~60	30~70	
香蕉(熟)			21~39	25~75	33~142	50~245

大多数农产品采后,在 $0 \sim 35^{\circ}\text{C}$ 范围内,温度每升高 10°C ,呼吸消耗增加 $1 \sim 1.5$ 倍,如表 1-4。即相当于贮藏寿命(贮藏时间)相差 $1 \sim 1.5$ 倍,通常用温度系数 Q_{10} 表示。不同种类、品种的果蔬 Q_{10} 差异较大;同一园艺产品在不同的温度条件下, Q_{10} 也有变化,通常来说,较低的温度范围内的 Q_{10} 值大于较高温度范围内的 Q_{10} 。温度系数是保鲜膜研制的作用力,是保鲜膜应用、技术配套的基础和条件。 Q_{10} 主观上反映了保鲜膜研制多重因子的复杂性和专一性,客观上强调保鲜膜使用的温度条件范围。

表 1-4 几种蔬菜呼吸的温度系数与温度范围的关系

种 类	0.5 ~ 10℃	10 ~ 24℃	种 类	0.5 ~ 10℃	10 ~ 24℃
石刁柏	3.5	2.5	胡萝卜	3.3	1.9
豌豆	3.9	2.0	莴苣	1.6	2.0
菜豆	5.1	2.5	番茄	2.0	2.3
菠菜	3.2	2.6	黄瓜	4.2	1.9
辣椒	2.8	3.2	马铃薯	2.1	2.2

②相对湿度 相对湿度是指一定温度下空气中的水蒸气压与该温度下饱和水蒸气压的百分比。相对湿度对果蔬呼吸强度影响的研究尚不系统,规律也不明显。对于有些果蔬品种而言,较低的相对湿度能够适当使果蔬失水,降低呼吸强度,如洋葱、大白菜、柑橘等。对这些果蔬而言,贮藏过程中的高湿度会引起呼吸强度增大、品质劣变,而对于另外一些果蔬,如甘薯、马铃薯、芋头等,干燥反而会促进呼吸,产生生理伤害。另外,据报道,香蕉在相对湿度小于 80% 时,不能产生呼吸跃变与正常后熟,只有 90% 以上的相对湿度条件才会有正常的呼吸跃变产生。

③气体成分 在果蔬正常呼吸与外界环境进行气体交换时,需要不断地吸收 O_2 和释放 CO_2 。因此适当降低贮藏环境中的 O_2 浓度或增加 CO_2 浓度,可以抑制果蔬呼吸作用的进行,降低呼吸强