



高等职业教育“十二五”规划教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材



食品贮藏保鲜技术

韩艳丽 主编 朱士农 主审



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位



高等职业教育“十二五”规划教材



“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号: 2015-2-017)

食品贮藏保鲜技术

主 编 韩艳丽
主 审 朱士农



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品贮藏保鲜技术/韩艳丽主编. —北京: 中国
轻工业出版社, 2015. 10

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5184-0583-1

I. ①食… II. ①韩… III. ①食品贮藏—高等职业教
育—教材②食品保鲜—高等职业教育—教材 IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 198177 号

责任编辑: 贾 磊

策划编辑: 贾 磊 张 靓

责任终审: 张乃束

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 15.25

字 数: 307 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0583-1 定价: 32.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 010-65128352

发行电话: 010-85119835 010-85119793 传真: 010-85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

131461J2X101ZBW

本教材编委会

主 编：韩艳丽（江苏农林职业技术学院）

副主编：徐 银（江苏农林职业技术学院）

盖圣美（渤海大学）

参 编：曹 森（江苏农林职业技术学院）

陈 岑（江苏农林职业技术学院）

李冠华（江苏农牧科技职业学院）

许俊齐（江苏农林职业技术学院）

主 审：朱士农（金陵科技学院）

前 言

根据教育部对高职高专学生的培养目标和要求,本教材在编写过程中努力体现我国高等职业教育的特色,注重理论联系实际,突出实用性,加强对学生实践能力的培养,同时力求体现食品贮藏保鲜技术领域的新知识、新技术,在编写框架和内容上具有一定的创新性。

本教材共分为六个项目:项目一为食品贮藏保鲜基础知识,项目二为食品贮藏保鲜常用技术,项目三为鲜活和生鲜食品贮藏保鲜技术,项目四为加工食品贮藏保鲜技术,项目五为食品保鲜新技术,项目六为实训项目(以增强对学生实践技能的培养)。

本教材由江苏农林职业技术学院韩艳丽主编并统稿。具体编写分工为:项目一由江苏农林职业技术学院徐银、陈岑编写;项目二由渤海大学盖圣美编写;项目三由江苏农牧科技职业学院李冠华编写;项目四由江苏农林职业技术学院曹淼编写;项目五由江苏农林职业技术学院许俊齐编写;项目六由韩艳丽编写。全书由金陵科技学院朱士农教授主审。

本教材可供高职高专院校食品类、园艺类及其他相关专业的学生使用,也可作为食品贮藏保鲜、加工生产人员的工作参考书和相关专业本科生、中职生的参考资料。

承蒙金陵科技学院朱士农教授在百忙中审稿以及众多企业的帮助,在此一并表示感谢。

由于编者知识水平有限,加上本书涉及的食品种类繁多、贮藏保鲜特性各异,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

1	项目一 食品贮藏保鲜基础知识	1
1	知识目标	1
1	技能目标	1
1	必备知识	1
1	一、食品贮藏中的生理生化变化	1
36	二、食品的败坏	36
53	项目小结	53
53	项目思考	53
55	项目二 食品贮藏保鲜常用技术	55
55	知识目标	55
55	技能目标	55
55	必备知识	55
55	一、食品低温保鲜技术	55
81	二、食品气调保鲜技术	81
91	三、食品生物保鲜技术	91
110	四、食品其他保鲜技术	110
130	项目小结	130
130	项目思考	130
132	项目三 鲜活和生鲜食品贮藏保鲜技术	132
132	知识目标	132
132	技能目标	132
132	必备知识	132
132	一、粮食贮藏技术	132
139	二、果品贮藏技术	139
148	三、蔬菜贮藏技术	148
158	四、畜禽类产品保鲜技术	158

162	五、水产品保鲜技术
166	项目小结
166	项目思考

168 项目四 加工食品贮藏保鲜技术

168	知识目标
168	技能目标
168	必备知识

168	一、粮油初加工品贮藏保鲜技术
173	二、鲜切果蔬贮藏保鲜技术
179	三、干制品贮藏技术
182	四、腌制品贮藏技术
183	五、罐藏制品贮藏技术
186	六、速冻制品贮藏技术
187	七、焙烤食品贮藏技术
189	八、调味品贮藏技术
192	九、嗜好品贮藏技术

195	项目小结
195	项目思考

197 项目五 食品保鲜新技术

197	知识目标
197	技能目标
197	必备知识

197	一、纳米保鲜技术
199	二、辐射保鲜技术
203	三、高压保鲜技术
204	四、减压保鲜技术
207	五、磁场保鲜技术

207	六、生物涂膜保鲜技术
209	项目小结
210	项目思考
211	项目六 实训项目
211	实训一 鲜活食品贮藏过程中呼吸强度的测定
212	实训二 乙烯吸收剂的制作及保鲜效果观察
213	实训三 果实催熟和脱涩方法的比较
215	实训四 畜禽产品、水产品的僵直和软化现象观察
216	实训五 畜禽肉中菌落总数的测定及对保鲜影响的考察
218	实训六 焙烤食品中霉菌含量的测定及对贮藏影响的考察
219	实训七 当地冷库贮藏性能指标调查
220	实训八 果蔬汁液冰点的测定
221	实训九 食品贮藏环境中 O_2 和 CO_2 含量的测定
224	实训十 果蔬贮藏过程中病害的识别与防治
224	实训十一 不同处理方式对猪肉保鲜品质影响的考察
226	实训十二 鲜蛋新鲜度的检验
227	实训十三 水产品贮藏保鲜效果的鉴定
228	实训十四 检索国内外食品保鲜新技术及撰写综述
230	实训十五 食品贮藏保鲜试验设计
233	参考文献

项目一 食品贮藏保鲜基础知识

知识目标

1. 了解呼吸作用、蒸腾作用、成熟、衰老、休眠、后熟、陈化、僵直、软化等基本概念。
2. 理解植物类食品采后生理生化变化和动物性食品宰后品质变化的过程。

技能目标

1. 熟练掌握果蔬产品采后生理生化指标测定的方法。
2. 了解畜肉产品、水产品宰杀后的生化变化，掌握新鲜肉类和水产品的鉴别。

必备知识

食品贮藏中的生理生化变化，尤其是果蔬产品、粮食产品采后的生理生化变化，畜肉产品、水产品死后的生化变化和引起食品败坏的主要因素。

一、食品贮藏中的生理生化变化

果蔬在采收之后，仍然继续进行代谢作用并保持其生命活动。采收之前的果蔬，其呼吸作用和蒸腾作用所消耗的水分和有机物等，可以由植株所含的水量、光合作用产物以及矿物质的流动来补充。而在采收之后，其呼吸作用和蒸腾作用仍在进行，然而由于水、光合作用产物和矿物质的正常来源断绝了，产品完全依赖自己贮藏的养料和水分生存。当所需物质无法及时供应时，变质就开始了。

粮食类食品刚刚收获后在生理上并没有完全成熟，胚的发育还在进行，新粮

经过一个时期的保管，胚不再发育，呼吸作用也逐渐趋于平稳，生理上达到完全成熟。这一个使新粮达到完全成熟的保管期称为后熟期。经过后熟期的粮食呼吸作用减弱，发芽率增加，品质得到改善。

采收后的果蔬、粮食能够进行呼吸作用，是活的生物体；而宰杀后的畜禽或鱼没有呼吸作用，是死的生物体：它们在贮藏中生理生化变化方面的差异很大。然而宰杀后的畜禽或鱼已经失去生命，没有生理过程，此时属于大分子有机物不能得到调控的生化降解过程，它们在贮藏期间的变化主要涉及僵直与软化。

(一) 呼吸生理

呼吸作用是一切动植物维持生命的重要生理过程之一，是生命存在的重要条件和标志。从总过程来看，呼吸作用是一种气体交换，即吸进氧气而放出二氧化碳，但这只不过是整个呼吸代谢中无数过程的起点和终点。呼吸作用是在许多复杂的酶系统参与下，经由许多中间反应环节进行的生物氧化还原过程，能把复杂的有机物逐步分解成简单的物质，同时释放能量。呼吸作用途径有多种，主要有糖酵解、三羧酸循环和磷酸戊糖途径等。

1. 呼吸代谢的类型

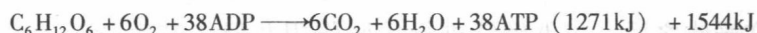
根据呼吸过程是否需氧，呼吸代谢可以分为有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。

有氧呼吸通常是呼吸的主要方式，是在有氧气参与的情况下，将复杂的有机物（如糖、淀粉、有机酸及其他物质）逐步分解为简单物质（水和二氧化碳），并释放能量的过程。葡萄糖直接作为底物时，1mol 可释放能量 2817.7kJ，其中的 46% 以生物形式（38 个 ATP）贮藏起来，为其他的代谢活动提供能量，剩余的 1544kJ 以热能形式释放到体外。

无氧呼吸是指在无氧气参与的情况下将复杂有机物分解的过程。这时，糖酵解产生的丙酮酸不再进入三羧酸循环，而是生成乙醛，然后还原成乙醇。

有氧和无氧的呼吸作用虽然表现形式不同，但都消耗产品内部的营养成分，产生热量和水。植物的呼吸作用不是通过呼吸器官来完成的，而是通过植物细胞的氧化作用来完成。植物细胞通过氧化细胞内部的营养成分获得能量，用以维持其生理活动，这个过程就是细胞的氧化作用。

有氧呼吸的总反应式是：



该式表明，有氧呼吸是在氧气的参加下将葡萄糖等有机物质氧化分解成二氧化碳和水。这种呼吸作用是有氧参加的氧化作用，称为有氧代谢。在各种贮藏条件下，大气中的氧气量可能受到限制，不足以维持完全的有氧代谢。在这种情况下，无氧条件也可在短时间内维持生存，即通过无氧呼吸获得所需能量，反应方程式为：



该式表明，在无氧呼吸过程中，葡萄糖通过酵解的途径分解为酒精（或乳酸）和二氧化碳，并释放能量。这种无氧呼吸的过程称为无氧代谢（发酵），其反应进行得很快，累积的产物对生物体有害。无氧呼吸对于产品贮藏是不利的，一方面无氧呼吸提供的能量少，以葡萄糖为底物，无氧呼吸产生的能量约为有氧呼吸的 1/32，在需要一定能量的生理过程中，无氧呼吸消耗的呼吸底物更多，使产品更快失去生命力；另一方面，无氧呼吸生成的有害物乙醛、乙醇和其他有毒物质会在细胞内积累，造成细胞死亡。

植物产品采后的呼吸作用状态与采前基本相同，在某些情况下又有一些差异。采前产品在田间生长时，氧气供应充足，一般进行有氧呼吸；而在采后贮藏时，产品可能放在封闭的包装中或埋藏在沟中，或通风不良，或氧气供应不足，这些都容易产生无氧呼吸。因此，在贮藏期应防止产生无氧呼吸。但当产品体积较大时，内层组织气体交换差，部分无氧呼吸也是对环境的适应，即使在外界氧气充分的情况下，果实中可能也在进行一定程度的无氧呼吸。

2. 与呼吸作用相关的概念

(1) 呼吸强度（Respiration rate） 也称呼吸速率，是指一定温度下，一定量的产品进行呼吸作用时所吸入的氧气或释放二氧化碳的量，一般单位用 mg （或 mL ） O_2 （或 CO_2 ）/ $(\text{kg} \cdot \text{h})$ 来表示。由于无氧呼吸不吸入 O_2 ，一般用 CO_2 生成的量来表示更确切。呼吸强度高，说明呼吸旺盛，消耗的呼吸底物（糖类、蛋白质、脂肪、有机酸）多而快，贮藏寿命不会太长。部分果蔬的呼吸强度值见表 1-1。

表 1-1 不同温度下部分果蔬的呼吸强度 单位: $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$						
产品	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	—
甘蓝	4~6	9~12	17~19	20~32	28~49	49~63
草莓	12~18	16~23	49~95	62~71	102~196	169~211
菠菜	19~22	35~58	82~138	134~223	172~287	—
青香蕉	—	—	—	21~23	33~35	—
熟香蕉	—	—	21~39	27~75	33~142	50~245
荔枝	—	—	—	—	—	75~128

(2) 呼吸商（Respiratory quotient, RQ） 也称呼吸系数，是指产品呼吸作用过程中释放 CO_2 和吸入 O_2 的体积之比，即 $\text{RQ} = V_{\text{CO}_2}/V_{\text{O}_2}$ ，RQ 值的大小与呼吸状态（有氧呼吸、无氧呼吸）和呼吸作用底物有关。

RQ 值主要与呼吸作用状态即呼吸类型有关。当发生无氧呼吸时，吸入的氧

气少, $RQ > 1$, RQ 值越大, 无氧呼吸所占的比例也越大。例如, 干燥的粮食 RQ 等于 1 或小于 1, 表示粮食可能在进行有氧呼吸; RQ 大于 1, 则表示粮食可能在进行无氧呼吸。

其次, RQ 值的大小与呼吸作用底物也密切相关, 不同的氧化底物所消耗掉的氧气量不同。以葡萄糖为底物的有氧呼吸, $RQ = 1$; 以含氧高的有机酸为底物的有氧呼吸, $RQ > 1$; 以含碳多的脂肪酸为底物的有氧呼吸, $RQ < 1$ 。

呼吸商的测量能对呼吸作用底物的类型提供某种线索。低的呼吸商可能意味着某种脂肪代谢, 高的呼吸商则意味着有机酸代谢。通过生长和贮藏期间呼吸商的变化, 可以了解到被代谢的呼吸作用底物的类型发生了何种变化。园艺产品体积大, 气体交换慢, 又含有比较多的有机酸, 可根据其 RQ 值变化来判断呼吸状态和呼吸作用底物。

RQ 值还与贮藏温度有关。例如, 夏橙或华盛顿脐橙在 $0 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 放置时, RQ 值接近 1 或等于 1; 在 38°C 时, 夏橙 RQ 值接近 1.5, 华盛顿脐橙 RQ 值接近 2.0。这表明, 高温下可能存在有机酸的氧化或无氧呼吸, 也可能二者兼而有之。在冷寒条件下, 果实发生代谢异常时, RQ 值杂乱无规律。例如, 黄瓜在 13°C 时 $RQ = 1$; 在 0°C 时, RQ 有时小于 1, 有时大于 1。

(3) 呼吸热 呼吸热是在呼吸作用过程中产生, 除了维持生命活动以外而散发到环境中的那部分热量。以葡萄糖为底物进行正常有氧呼吸时, 每释放 1mg CO_2 相应释放约 10.68J 的热量。由于测定呼吸热的方法极其复杂, 园艺产品贮藏运输时, 常采用测定呼吸速率的方法间接计算它们的呼吸热。

在夏季, 当大量产品采后堆积在一起或长途运输缺少通风散热装置时, 由于呼吸热无法散出, 产品自身温度会升高, 进而又刺激了呼吸, 释放出更多的呼吸热, 加速产品腐败变质。因此, 贮藏中通常要尽快排除呼吸热, 降低产品温度。但在北方寒冷季节, 环境温度低于产品要求的温度时, 产品可以利用自身释放的呼吸热进行保温, 防止冷害和冻害的发生。

(4) 呼吸温度系数 在生理温度范围内, 温度升高 10°C 时呼吸速率与原来温度下呼吸速率的比值即为温度系数, 用 Q_{10} 来表示。它反映了呼吸速率随温度变化而变化的程度。温度是影响鲜活植物产品代谢水平、水分散失、病原微生物繁殖和侵染的重要因子。一般来说, 随着温度的降低, 植物代谢水平也降低, 营养损耗小, 释放呼吸热少; 水分蒸发慢, 失水相对较轻; 微生物繁殖慢, 侵染力弱, 有利于贮藏。但是温度过低, 可能导致生命体代谢混乱, 出现低温伤害或冻害。一般果蔬 $Q_{10} = 2 \sim 2.5$, 这表示温度升高 10°C 时, 呼吸速率增加了 $1 \sim 1.5$ 倍; 该值越高, 说明产品呼吸作用受温度变化影响越大。研究表明, 园艺产品的 Q_{10} 在低温下较大。常见蔬菜的呼吸温度系数见表 1-2。

表 1-2

常见蔬菜的呼吸温度系数 (Q_{10})

种类	0.5 ~ 10℃	10 ~ 24℃
石刁柏	3.5	2.5
豌豆	3.9	2.0
菜豆 (嫩夹)	5.1	2.5
菠菜	3.2	2.6
辣椒	2.8	3.2
胡萝卜	3.3	1.9
莴苣	3.6	2.0
番茄	2.0	2.3
黄瓜	4.2	1.9
马铃薯	2.1	2.2

(5) 呼吸跃变 呼吸跃变主要存在于部分植物果实的成熟阶段。在果实的发育过程中,呼吸强度随发育阶段的不同而不同。根据果实呼吸作用曲线的变化模式 (如图 1-1 和图 1-2 所示),可将果蔬分成两类:其中一类在幼嫩阶段呼吸作用旺盛,随果实细胞的膨大,呼吸强度逐渐下降,开始成熟时,呼吸上升,达到高峰 (称呼吸高峰) 后,呼吸作用下降,果蔬衰老死亡,伴随呼吸高峰的出现,体内的代谢发生很大的变化,这一现象被称为呼吸跃变,此时,果蔬的食用品质最佳,这一类果蔬被称为跃变型或呼吸高峰型果蔬 (图 1-1);另一类在发育过程中没有呼吸高峰,呼吸强度在采后一直下降,被称为非跃变型果蔬 (图 1-2)。表 1-3 归纳了两种呼吸类型的部分果蔬。

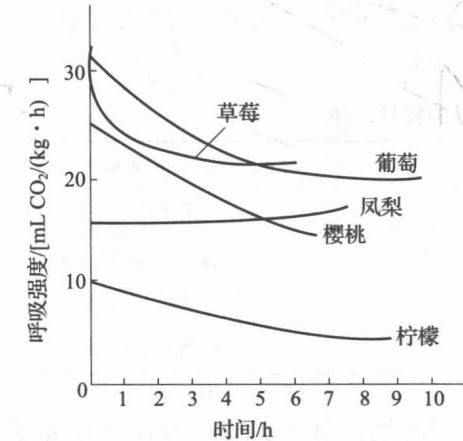


图 1-1 非跃变型果实的呼吸作用曲线

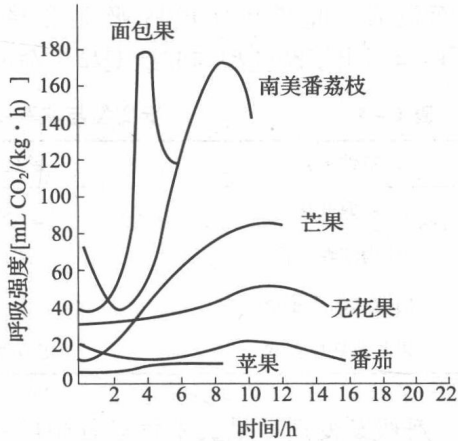


图 1-2 跃变型果实的呼吸作用曲线

表 1-3

两种呼吸作用类型的果蔬分类

呼吸作用类型	跃变型果实		非跃变型果实	
果蔬品种	苹果	罗马甜瓜	伞房花越橘	甜橙
	杏	蜜露甜瓜	可可	菠萝
	鳄梨	番木瓜	腰果	蒲桃
	香蕉	鸡蛋果	欧洲甜樱桃	草莓
	面包果	桃	葡萄	毕当茄
	南美番荔枝	梨	葡萄柚	树番茄
	中华猕猴桃	柿	南海蒲桃	nor - 番茄
	无花果	李	柠檬	rin - 番茄
	番石榴	加锡猕猴桃	荔枝	黄瓜
	曼密苹果	刺果番荔枝	山苹果	
	芒果	番茄	橄榄	

不同种类跃变果实呼吸高峰出现的时间和峰值不完全相同。一般原产于热带和亚热带的果实，如油梨和香蕉，跃变顶峰的呼吸强度分别为跃变前的 3 ~ 5 倍和 10 倍，且跃变时间维持很短，很快完全成熟并衰老。原产于温带的果实，如苹果、梨等跃变顶峰的呼吸强度仅比其跃变前的呼吸强度增加 1 倍左右，但维持跃变时间很长。这类果实比前一类型果实更慢成熟，因而更耐贮藏。有些果实，如苹果，留在树上也可以出现呼吸跃变，但与采摘果实相比，呼吸跃变出现较晚，峰值较高；另外一些果实，如油梨，只有采后才能成熟和出现呼吸跃变，如果留在植株上可以维持不断的生长而不能成熟，当然也不出现呼吸跃变。某些未成年的幼果（如苹果、桃、李）采摘或脱落后，也可发生短期的呼吸高峰。甚至某些非跃变型果实，如甜橙的幼果在采后也出现呼吸上升的现象，而长成的果实反而没有。此类果实的呼吸上升并不伴有成熟过程，因此称为跃变现象。表 1-4 列出了跃变型与非跃变型果蔬的特性比较。

表 1-4

跃变型与非跃变型果蔬的特性比较

特性项目	跃变型果蔬	非跃变型果蔬
后熟变化	明显	不明显
体内淀粉含量	富含淀粉	淀粉含量极少
内源乙烯产生量	多	极少
采收成熟度要求	一定成熟度时采收	成熟时采收

呼吸跃变期是果实发育进程中的一个关键时期，对果实贮藏寿命有重要影响。它既是成熟的后期，同时也是衰老的开始，此后产品就不能继续贮藏。生产

中要采取各种手段来推迟跃变果实的呼吸高峰以延长贮藏期。

3. 呼吸与食品贮藏的关系

(1) 积极作用 呼吸作用提供果蔬代谢所需要的能量,产生代谢的中间产物,从果蔬具有的耐贮性和抗病性的角度考虑,呼吸作用对果蔬贮藏具有积极作用。

由于果蔬在采后仍是生命活体,具有抵抗不良环境和致病微生物的特性,因此损耗减少,品质得以保持,贮藏期得以延长。产品的这些特性被称为耐藏性和抗病性。耐藏性是指在一定贮藏期内,产品能保持其原有的品质而不发生明显不良变化的特性;抗病性是指产品抵抗致病微生物侵害的特性。生命消失,新陈代谢停止,果蔬耐藏性和抗病性也就不复存在。新采收的黄瓜、大白菜等产品在通常环境下可以存放一段时间,而炒熟的菜的保质期则明显缩短,说明产品的耐藏性和抗病性依赖于生命。

水果、蔬菜采后同化作用基本停止,呼吸作用成为新陈代谢的主导,它直接联系着其他各种生理生化过程,也影响和制约着产品的寿命、品质变化和抗病能力。随着贮存时间的延长,果蔬体内的这些物质将越来越少,果蔬呼吸越强则衰老得越快。因此,控制和利用呼吸作用这个生理过程来延长贮藏期是至关重要的。

正常的呼吸作用能为一切生理活动提供必需的能量,还能通过许多呼吸作用的中间产物使糖代谢与脂肪、蛋白质及其他许多物质的代谢联系在一起,使各个反应环节及能量转移之间协调平衡,维持产品其他生命活动有序进行,保持耐藏性和抗病性。通过呼吸作用可防止对组织有害中间产物的积累,将其氧化或水解为最终产物,进行自身平衡保护,防止代谢失调造成的生理障碍,这在逆境条件下表现得更为明显。呼吸作用与耐藏性和抗病性的关系还表现在,当植物受到微生物侵袭、机械伤害或遇到不适环境时,能通过激活氧化系统,加强呼吸作用而起到自卫作用,这就是呼吸作用的保卫反应。呼吸作用的保卫反应主要有以下几方面的作用:采后病原菌在产品有伤口时很容易侵入,呼吸作用为产品恢复和修补伤口提供合成新细胞所需要的能量和底物,加速愈伤,不利于病原菌感染;在抵抗寄生病原菌侵入和扩展的过程中,植物组织细胞壁的加厚、过敏反应中植保素类物质的生成都需要加强呼吸作用,以提供新物质合成的能量和底物,使物质代谢根据需要协调进行;腐生微生物侵害组织时,要分泌毒素,破坏寄主细胞的细胞壁,并透入组织内部,作用于原生质,使细胞死亡后加以利用,其分泌的毒素主要是水解酶,植物的呼吸作用有利于分解、破坏、消弱微生物分泌的毒素,从而抑制或终止侵染过程。

(2) 消极作用 呼吸作用分解消耗有机物质,加速果蔬衰老;产生呼吸热,使果蔬体温升高,促进呼吸强度增大,同时会升高贮藏环境温度,缩短果蔬的贮藏寿命。随着能量耗尽,衰老进一步加速。随着呼吸作用的继续,果蔬的营养成

分发生改变，降低其风味品质。

因此，延长果蔬贮藏期首先应该保持产品有正常的生命活动，不发生生理障碍，使其能够正常发挥耐藏性、抗病性的作用；在此基础上，维持缓慢的代谢，采取一切可能的措施降低呼吸强度，才能延长产品寿命，延长贮藏期。

4. 影响呼吸代谢的因素

(1) 内部因素

① 种类与品种：鲜活产品种类繁多，可食用部分各不相同，包括根、茎、叶、花、果实、种子和变态器官，这些器官在组织结构和生理方面有很大差异，其采后的呼吸作用也有很大的不同。

在蔬菜的各种器官中，生殖器官新陈代谢异常活跃，呼吸强度一般大于营养器官，所以通常以花的呼吸作用最强。叶子等营养器官的新陈代谢比贮藏器官旺盛，因为叶片有薄而扁平的结构，分布大量气孔，气体交换迅速，其中散叶型蔬菜的呼吸要高于结球型，因为叶球变态成为积累养分的器官。根茎类蔬菜，如直根、块根、块茎、鳞茎是贮藏器官，其呼吸强度相对最小。根茎类蔬菜呼吸强度小的原因，还与其在系统发育中对土壤环境缺氧的适应有关。部分贮藏器官，如种子采后进入休眠期，呼吸作用就更弱。果实类蔬菜介于叶菜和地下贮藏器官之间。水果中的呼吸强度以浆果呼吸强度最大；其次是桃、李、杏等核果；苹果、梨等仁果类和葡萄呼吸强度较小。

对于水果而言，浆果类（如番茄、香蕉）的呼吸强度一般大于核果类（如桃、李），而仁果类（如苹果、梨）的呼吸强度则更弱。

同一类产品，品种之间呼吸作用也有差异，如图 1-3 所示。一般来说，晚熟品种生长期较长，积累的营养物质较多，呼吸强度高于早熟品种；夏季成熟品种的呼吸作用比秋冬成熟品种强；我国南方生长的比北方生长的要强。

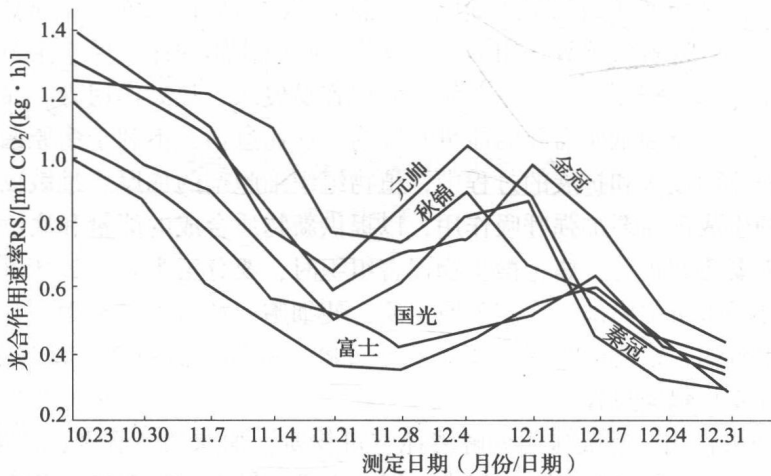


图 1-3 不同品种苹果呼吸强度的变化

② 成熟度：在植物产品的系统发育过程中，幼嫩组织处于细胞分裂和生长阶段，其代谢旺盛，且保护组织尚未发育完善，便于气体交换而使组织内部供氧充足，呼吸强度较高。随着生长发育，呼吸作用逐渐下降。成熟产品表皮保护组织，如蜡质、角质加厚，新陈代谢缓慢，呼吸作用就较弱。但是跃变型果实在成熟时呼吸作用会再次升高，达到呼吸作用高峰后又下降；非跃变型果实成熟衰老时，呼吸作用一直缓慢减弱，直到死亡。块茎、鳞茎类蔬菜田间生长期间呼吸强度一直下降，采后进入休眠期呼吸作用降到最低，休眠期后重新上升。

(2) 外部因素

① 温度：呼吸作用是生物化学反应，对温度极为敏感。在一定的温度范围内，温度与呼吸作用的强弱成正比关系。然而，温度对呼吸的加速是有极限的。在 0 ~ 30℃，温度对呼吸作用的加速是指数关系，可以用呼吸温度系数 Q_{10} 来表示，如图 1-4 所示。

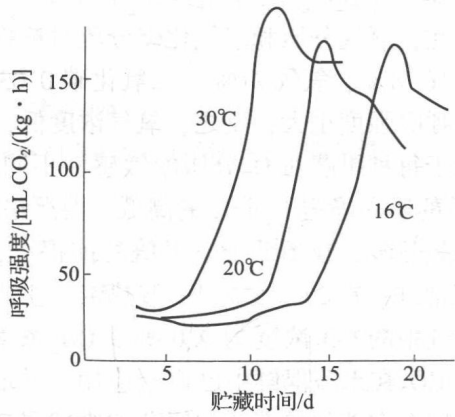


图 1-4 香蕉果实后熟过程中呼吸作用与温度的关系

当温度升高到一定限度时，呼吸强度反而下降，当果蔬的温度高到 45℃ 时，呼吸强度明显下降。通常促进果蔬呼吸作用的最佳温度范围在 25 ~ 30℃。因为当温度超过 45℃ 时，酶蛋白分子的侧链连接就会改变，从而引起整个空间结构的变化，酶的活力即发生变化。当温度达到 55℃ 时，大多数酶都很快失去活力以致完全丧失催化能力，而任何一种与呼吸作用有关的酶失去活力时，果蔬正常的呼吸作用将无法进行，正常的生理机能就要受到破坏。由于生命活动变慢以致停止，使腐生的细菌以很高的速度在果蔬体内繁殖，果蔬立即腐烂。反之，当温度降低时，酶蛋白的活力也很低，呼吸作用减慢，营养消耗很少，有利于延长寿命。同时由于低温下，细菌不易在蔬菜体内繁殖，更有利于果蔬保鲜。由于不同果蔬要求不同的贮存温度，因而确定贮藏温度应遵循如下两条原则，一是以不出现低温伤害为限度，通常采用正常呼吸作用的下限作为贮藏温度；二是绝对不可以将不同种类的果蔬放在同一温度条件下贮藏，因为各种果蔬的下限温度各不相同。

贮藏期温度的波动会刺激产品体内水解酶活力，加速呼吸作用，见表 1-5。如 5℃ 恒温下贮藏的洋葱、胡萝卜、甜菜的呼吸强度分别为 9.9、7.7、12.2 mg CO₂ / (kg · h)，若是在 2℃ 和 8℃ 隔日互变而平均温度为 5℃ 的条件下，呼吸强度则分别为 11.4、11.0、15.9 mg CO₂ / (kg · h)。因此在贮藏中要避免库体温度的波动。