

果蔬气调保鲜技术

郑厚芬 编著

中国商业出版社

前 言

水果、蔬菜是人民生活中不可缺少的食品。水果、蔬菜的生长季节性强、鲜嫩易腐，给贮藏、运输、销售等流通环节带来了极大的困难，造成旺季大量损失，以致产生了果蔬供应的淡旺季、淡季供应数量不足和品种单一等一系列矛盾。随着人民生活水平的提高，如何延长果蔬保鲜期，已成为一个亟待解决的社会问题。

随着科学技术进步，果蔬的保鲜方法也越来越多，新技术不断涌现。气调贮藏就是近30年来发展起来的新兴食品贮藏法。气调贮藏通过改变及控制贮藏环境的气体成分，一般降低氧含量，提高二氧化碳浓度，抑制果蔬的代谢活动及微生物的生长繁殖，从而达到了延长贮藏期的目的。

几十年的实践证明，气调贮藏如能与冷藏法相结合将能取得更好的效果。气调贮藏特别适用于果蔬一类的活体食品的贮藏保鲜，并显示出比冷藏法更优越的贮藏效果，从而发展了各种食品保藏方法中，适应性最强、应用最广泛的食品冷藏技术。气调虽从冷藏法中派生出来，真正发展也只有短暂的20~30年，但却展示了无限的生命力，被人们誉为新兴的、前途无量的食品保藏方法。因此，在国外气调贮藏得到蓬勃发展，从开始的苹果、梨等果品，逐渐推广到蔬菜、粮食、肉、鱼、禽、蛋等其它易腐食品的贮藏。

我国从70年代以来，逐渐开始气调贮藏研究，根据我国实际情况，广泛地对各种水果和蔬菜特别是蔬菜气调贮藏进

行试验研究与应用，创造了许多具有特色的简易气调法，取得了一些可喜的成果，为果蔬保鲜作出了贡献。为适应新形势下果蔬生产大发展的需要，促进城市、乡镇企业果蔬贮藏保鲜技术的提高和改进，我们广泛收集了国内外有关气调保鲜技术资料，博采众家之长，系统地编写成书。为了便于实际应用，在介绍各种果蔬气调实用技术的同时，简述了我国传统的或广泛应用的保鲜方法，以利在实际使用中根据当地条件，因地制宜地采用其它辅助措施，积极推广、发展气调技术，取得更好的贮藏效果。

本书经张陆德教授审阅定稿，施永年同志绘图，在此表示感谢。由于篇幅关系，所引用文献资料未能列出，请见谅。限于作者的水平和实践经验，错误及不妥之处，恳望读者批评、指正。

编者

1989年9月

目 录

第一章 果蔬的气调保鲜原理	(1)
第一节 果蔬的营养成分和分类.....	(1)
第二节 果蔬的生命特性.....	(10)
第三节 果蔬贮藏中的病害.....	(35)
第四节 果蔬气调保鲜的基本原理.....	(57)
第五节 气调贮藏工艺条件选择.....	(71)
第二章 气调工艺和设备	(75)
第一节 气体成分调节方法.....	(75)
第二节 气调设备.....	(80)
第三节 塑料薄膜气调工艺	(100)
第四节 硅窗气调	(106)
第五节 气调冷库	(124)
第六节 气调贮藏管理	(156)
第三章 果蔬气调保鲜技术的应用	(181)
第一节 果蔬气调的条件	(181)
第二节 果品气调技术	(189)
第三节 蔬菜气调技术	(233)

第一章 果蔬的气调保鲜原理

第一节 果蔬的营养成分和分类

一、果蔬的营养成分

(一) 水

在果蔬的组成中，水的含量占大部分，是极为重要的成分，如水果的含水量为73~90%，蔬菜的含水量为65~96%。水分是维持果蔬生命活动的主要成分，也是表明果蔬是否新鲜的重要标志。果蔬中的一切可溶物质溶解在水中形成汁液。

不同种类的果蔬或同一种类的果蔬的不同器官的含水量有很大差异。例如，根茎菜类的含水量比叶菜类少。一般来说，凡是幼嫩的、生长旺盛的、生理活动强烈的器官或组织，含水量较高。

果蔬中的水分主要以两种形式存在。一种是游离水（或自由水），另一种是结合水（或束缚水）。游离水占含水量的70~80%，容易被蒸发，在贮藏中损失的主要是这部分水。结合水是水分与果蔬组织中的胶体微粒相结合的，并包围在胶体微粒周围的薄层水膜，结合水难以分离。果蔬含水量高低、存在形式直接影响果蔬的鲜度和风味。

(二) 糖类

糖类是水果和蔬菜的重要营养成分之一。果蔬中的糖类有：糖、淀粉、果胶物质和纤维素等。

1. 糖。

果蔬中所含的糖主要是葡萄糖、果糖和蔗糖。由于果蔬的种类、品种和成熟度不同，这三种糖含量也有很大差别，见表1-1。

表1-1 几种果蔬的含糖量(%)

果 实	蔗 糖	葡 萄 糖	果 糖	蔬 菜	总 糖 量
苹 果	1.2~5.3	2.2~5.5	6.5~11.8	洋 葱	3.5~12.0
梨	0.4~2.6	1.0~3.7	6.0~9.7	胡 萝 卜	3.3~12.0
櫻 桃	0~1.25	1.7~7.7	1.5~3.9	红甜菜	5.3~9.2
杏	2.8~10.0	0.1~3.4	0.1~3.4	西 瓜	5.5~11.0
桃	4.8~10.7	4.2~6.9	3.9~4.4	甜 瓜	2.0~18.0

糖是果蔬甜味的主要来源。果蔬甜味的强弱，主要取决于果蔬含糖量的多少，此外，还与果蔬中的含酸量有关。因此，常以糖、酸的比例来表示果蔬的甜度，即糖酸比。各种苹果的糖酸比，见表1-2。

表1-2 各种苹果的糖酸比

品 种	采 收 日 期	含 糖 量 (%)	含 酸 量 (%)	糖 酸 比 (甜 度)
祝 光	8.20	9.65	0.37	26.1
红 玉	9.19	14.94	0.93	16.0
金 冠	10.1	13.06	0.44	29.7
元 帅	10.5	15.00	0.26	57.7
鸡 冠	10.15	12.46	0.88	14.2
大国光	10.20	8.49	1.01	8.4
青香蕉	10.25	12.95	0.77	16.7
印 度	10.25	18.98	0.25	76.0
小国光	10.30	12.90	1.00	12.9

糖酸之间的关系是：

$$\text{糖酸比 (甜度)} = \frac{\text{总含糖量}}{\text{总含酸量}}$$

2. 淀粉。

淀粉是以颗粒状态存在于果蔬细胞中的。它是多种蔬菜的组成成分，如马铃薯含淀粉达20%左右，而水果（除香蕉）一般含淀粉很少，仅为1%左右。有些水果，如葡萄等，成熟后根本就不含淀粉。

尚未成熟的水果，淀粉含量较高。在成熟过程中，由于淀粉酶的作用，淀粉转化为糖，故水果甜味增加，如香蕉在成熟过程中，淀粉含量由26%降至1%，而糖则由1%增至19.5%。果蔬的贮藏温度对淀粉与糖的互相转化有影响。当贮藏温度较高时，糖转化为淀粉。在低温下，则淀粉能水解成糖，如马铃薯在0~9℃的低温下贮藏时，块茎内的淀粉含量减少，糖分相应增多；但若移放于17~25℃的较高温度下，经7~10天后，在低温下形成的糖又重新合成淀粉。

3. 果胶物质。

果胶物质以原果胶、果胶和果胶酸三种形态存在于果蔬中。原果胶集中在细胞壁的中胶层，保持细胞彼此紧密联接，使果蔬具有一定的硬度和脆性。果胶物质在果蔬中普遍存在，其中以山楂、苹果、杏、李、梨、柑桔等含量最为丰富。在水果中一般含1~1.5%，而在柑桔皮中含有1.5~3%。蔬菜中的果胶物质也不少，但其胶凝力比水果中的果胶要差得多。

4. 纤维素。

纤维素是构成果蔬细胞壁的重要组成部分，并使之具有坚韧的性质，虽不能为人体消化吸收，却能帮助肠的蠕动，对消化有益。在水果中约含0.5~2%，在蔬菜中约含0.2~

2.8%。

果蔬中的纤维素含量的多少与其品质的好坏有很大的关系。含量过多，则果蔬皮厚多筋，口味不佳；含量较少，则鲜嫩多汁。

（三）有机酸

水果和某些蔬菜具有酸味，是因为含有各种有机酸。这是果蔬中的特有成分。有机酸能增加果蔬的自然风味，刺激食欲，帮助消化。果蔬中主要含有苹果酸、柠檬酸和酒石酸，还有少量的草酸、水杨酸等。有机酸常与矿物质结合成盐类状态而存在于果蔬中。仁果类果肉和番茄中主要含有苹果酸；柑桔类果实主要含有柠檬酸；葡萄中主要含有酒石酸。水果的含酸量一般为0.1~4%，柠檬含酸量最高，达8%。蔬菜中除番茄（含酸0.5%）外，只含少量的有机酸。

果蔬的酸味强弱与其总含酸量多少，酸的种类及存在形态有关。果蔬汁液中氢离子浓度越高，果蔬就越酸。果蔬汁液中常含各种缓冲物质，如蛋白质等，能防止形成过高的氢离子浓度。果蔬在热煮时，某些缓冲物质因加热而失去活性，氢离子浓度随之增加，酸性变强。

（四）含氮物质

果蔬中含氮物质主要是蛋白质和氨基酸，还有少量嘌呤类含氮物质。水果中含氮物质较少，在0.2~1.5%之间。蔬菜中含氮物质在0.6~9%。

（五）苷类

苷类是糖与醛、酚、醇、鞣酸及含氮化合物等构成的有机物，在酸或酶的作用下水解成糖和糖苷基。它们大多具有强烈的苦味或特殊的香味，某些苷类在一定浓度和一定条件下，具有毒性。糖苷类的色素是果蔬颜色的来源之一。

果蔬中常见的有苦杏仁苷、龙葵苷、橙皮苷和黑芥子苷等。苦杏仁苷存在于果实种子中，如苦杏仁、桃仁、李仁等。苦杏仁苷本身无毒性，在酸或苦杏仁酶的作用下，能分解产生极毒的氢氰酸。因此，苦杏仁需加热处理（40~50℃），除去氢氰酸才能食用。龙葵苷在土豆中正常含量为0.002~0.01%，当土豆萌芽时，在表皮发绿部分，龙葵苷的含量大为增加，如超过0.02%食用时有麻辣的感觉，多吃会引起中毒。柑桔类果实中含有橙皮苷、柚皮苷和柠檬苷等，橙皮苷有维持人体血管正常渗透作用的功效。在十字花科的蔬菜种子中含有较多的黑芥子苷，具有独特的芳香和辣味。

（六）鞣质

鞣质又称为单宁，它使某些果蔬特别是果皮部分具有涩味。鞣质在蔬菜中含量不多，在野生水果中含量很大，但其含量与果蔬的成熟度有关，未成熟的含量较多，成熟的含量较少。鞣质遇铁的盐类即呈蓝色或蓝黑色。苹果经铁制刀切过后即变色，原因之一就在于此。鞣质能被氧化而形成暗红色或褐色的根皮鞣红。水果去皮、切开或碰伤后，在空气中变为黑褐色即由于鞣质氧化所致。采用加热处理、硫磺熏等方法破坏果实中的氧化酶或过氧化物酶，可防止褐变。

（七）芳香物质

芳香物质是使果蔬具有令人愉快香味的各种香精油，它多半存在于果皮内，并具有防腐性能。芳香物质在果蔬中含量极少，一般不超过0.001%，但在柑桔类水果中含量较多，达1.2~2.5%。香精油的化学成分较为复杂，主要是各种醇、酯、醛、酮等化合物组成。某些蔬菜（芹菜、洋葱、葱、蒜等）也含有较多的芳香物质。这些芳香物质有促进食欲、降低血压和杀菌作用。果蔬贮藏温度过高时，芳香物质

能很快分解，采用低温贮藏，可减少香味损失。

（八）色素

果蔬中含的色素主要有叶绿素、胡萝卜素和花青素等。

1. 叶绿素。

叶绿素使果蔬呈现绿色，它是由两种构造相似的物质所构成的混合物，分别称为叶绿素a和叶绿素b。叶绿素是不稳定的物质，不溶于水，在酸性溶液中加热时，叶绿素中的镁被氢所取代，生成灰褐色的脱镁叶绿素。含叶绿素的蔬菜短时间放于沸水中，由于细胞壁中的空气被排除，致使细胞壁变得透明，绿色转深。

2. 类胡萝卜素。

胡萝卜素呈橙色，不溶于水，存在于胡萝卜、杏、桃细胞的质体中，在人体中能转变为维生素A。

叶黄素呈黄色，往往与胡萝卜素同时存在于某些果蔬中。茄红素是胡萝卜素的同分异构物，它使番茄呈现红色。

3. 花青素。

花青素可使果蔬呈现红、紫、蓝等颜色。因化学成分和结构不同在不同的酸碱度溶液中呈现不同的颜色，在酸性时呈红色，在中性时呈紫色，在碱性时呈蓝色。花青素苷与金属化合即成紫色。花青素苷溶于水，又能因加热、光照、氧化而被破坏。

（九）维生素

各种果蔬中含有多种维生素，是人体获得维生素的主要来源，特别是维生素C含量之多和普遍为其它食品所不及。在柑桔、山楂、番茄、辣椒等果蔬中富含维生素C，带橙黄色的果蔬则含较多的胡萝卜素。

（十）无机盐

果蔬中含有各种无机盐，主要有钙、镁、铁、钠、钾和磷酸盐等，对保持人体的酸碱平衡，在调节生理机能中起着重要作用。

几种果蔬的营养成分，见表1-3。

表1-3 几种果蔬的营养成分

(每100克可食用部分的含量)

名 称	水 分 (克)	糖 (不 包括 纤维 素) (克)	蛋 白 质 (克)	脂 肪 (克)	粗 纤 维 (克)	灰 分 (克)	钙 (毫克)	磷 (毫克)	铁 (毫克)	胡 萝 卜 素 (毫克)	维 生 素 C (毫克)
苹 果	84	15	0.2	0.1	1.0	0.2	11	9	0.3	0.08	5
香 蕉	77	20	1.2	0.6	0.9	0.7	10	35	0.8	0.25	6
桔	87	12	0.9	0.1	0.5	0.4	50	15	0.2	0.55	30
梨	86	12	0.1	0.1	1.7	0.3	5	6	0.2	0.01	3
桃	88	7	0.8	0.1	4.1	0.5	8	20	1.0	0.01	6
	83	11	0.7	0.1	3.1	2.0	10	19	0.2	0.16	6
橙	90	9	0.6	0.1	0.6	0.3	60	15	0.2	0.11	55
	73	24	1.2	0.2	1.6	0.4	14	23	0.5	0.01	380
李	90	9	0.5	0.2	—	—	17	20	0.5	0.11	1
杏	89	10	0.9	—	1.4	0.6	26	24	0.8	1.79	7
葡 萄	88	10	0.2	—	1.6	0.2	4	15	0.6	0.04	4
大白菜	94	3	1.4	0.1	0.5	0.7	33	42	0.4	0.11	34
洋白菜	93	4	1.3	0.3	0.9	0.8	62	28	0.7	0.01	39
萝 卜	91	6	1.1	0.1	0.6	0.6	58	27	0.4	0.32	30
胡萝卜	89	8	1.0	0.4	0.9	0.7	19	23	1.9	2.8	8
土 豆	79	16	1.9	0.7	1.4	1.2	11	59	0.9	0.01	18
葱	92	6	1.0	0.3	0.5	0.3	12	46	0.6	1.20	4
番 茄	96	2	0.6	0.3	0.4	0.4	8	37	0.4	0.31	11
辣 椒	93	5	0.9	—	0.8	0.5	7	38	0.5	1.56	105
青 豆	70	7	10.6	5.7	2.1	1.7	100	219	6.4	1.28	25

除了以上各种主要物质外，果蔬中还含有脂类（蜡、

磷、脂、固醇类)、酶类和抗生素等成分,但含量极微。

二、果蔬的分类

果蔬的种类很多,一般可分为以下几类。

(一) 水果分类

1. 仁果类。

在仁果类的果肉中,分布有薄膜状壁构成的种子室。种子室约有 2 ~ 5 个,室内有不带硬壳的种仁,故称为仁果,如苹果、梨、沙果、海棠、柿子、山楂等,在冷库内可较长时间地保持新鲜状态。

2. 核果类。

在核果类的果肉中,带有一木质硬核,核内有仁即为种子,故称为核果,如桃、杏、枣子、樱桃等。这类水果在冷库内贮藏时间不宜过长。

3. 浆果类。

浆果类果形较小,果肉成熟后呈浆液状,故称浆果。一般种仁小而多,如葡萄、草莓、荔枝等。在冷库内很难保持其新鲜状态,但可冻结冷藏。

4. 柑桔类。

这类水果生长在热带和亚热带。果实扁圆或圆形,果皮黄色、鲜橙色,易剥皮,种子小,如柑、桔、甜橙、柚、柠檬、洋桃等。这类水果在冷库内能够贮藏,但温度要适当。

5. 复果类。

复果类果实是由整个花絮组成。果肉柔嫩多汁,味甜酸适可。属此类的果实有热带的菠萝、菠萝蜜(或木菠萝)等。其中菠萝的经济价值最大。这类水果在冷库内的贮藏时间不宜过长。

6. 坚果类。

这类水果含水分很少，通常列为干果。果为一硬壳，壳内可食部分就是种子，如核桃、栗子、榛子等。这类水果可在常温下贮藏。

（二）蔬菜分类

1. 叶菜类。

叶菜类的可食部分是菜叶和肥嫩的叶柄，含有大量的叶绿素、维生素C和无机盐等。这类蔬菜含水分多，不易保管，在冷库里较难贮藏，如大白菜、小白菜、洋白菜、菠菜、甘蓝、油菜、大葱、芹菜、茴香、韭菜等。

2. 茎菜类。

茎菜类的可食部分是肥嫩且富有营养的茎和变态茎。这类菜大多富含淀粉、糖和蛋白质，含水分略少，适于在冷库内长期贮藏，但在贮藏过程中必须控制温、湿度，否则会出芽，如肥茎菜类的茼蒿、茭白；块茎菜类的马铃薯；根茎菜类的芋头；鲜茎菜类的洋葱、大蒜等。

3. 根菜类。

根菜类的可食部分是变态的肥大直根，含有丰富的糖分和蛋白质。这类蔬菜因生长地下，耐寒而不抗热，在常温下耐贮藏，如萝卜、胡萝卜等。

4. 果菜类。

果菜类的可食部分是菜的果实和幼嫩种子，富含糖分、蛋白质、胡萝卜素及维生素C，如番茄、茄子、辣椒、四季豆、扁豆、豌豆、嫩蚕豆、毛豆和各类瓜果，如黄瓜、冬瓜、南瓜、丝瓜等。这类果菜在冷库内能短期贮藏。

5. 花菜类。

花菜类的可食部分是菜的花部器官，如菜花、黄花菜、韭菜花等。这类菜在冷库内可贮藏。

6. 食用菌类。

食用菌类是以无毒真菌的子实体为食用部分，主要有蘑菇、木耳等，其干制品可在常温下长期贮藏。

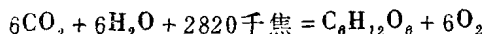
第二节 果蔬的生命特性

新鲜果蔬与其它食品在贮藏中的根本区别在于它们仍然是活着的机体，而正是依赖活体所特有的对不良环境与微生物的对抗性才使其延长贮藏期，所以先要研究果蔬的生命特性及其与贮藏的关系。

一、呼吸作用

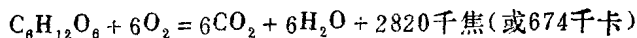
在地球上，一切绿色植物都是依靠阳光把 CO_2 和 H_2O 转变为碳水化合物来维持生命的，这一过程称为光合作用。在光合作用下，大气中的二氧化碳变成有机物质，不断向机体提供必须的合成物质。

光合作用概括起来可用下列同化方程式表示



二氧化碳 水 能量 葡萄糖 氧气

在白天，光合作用和呼吸作用同时进行。到了夜晚，由于没有阳光，不能进行光合作用只进行呼吸作用。呼吸作用是在一系列酶的催化作用下，把复杂的有机物质逐步降解为 CO_2 、 H_2O 等简单物质，同时释放能量的异化过程，其作用可归纳为下列方程式：



葡萄糖 氧气 二氧化碳 水 能量

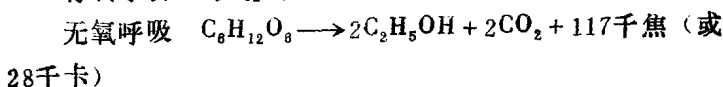
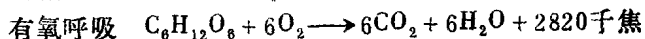
植物在生长过程中，就是这样同化——异化作用消长变化，当同化作用占优势时，植物才得以生长发育。可是果蔬

在采收以后，光合作用停止，呼吸作用成为新陈代谢的主导过程。呼吸作用与各种生理生化过程有着密切联系，并制约这些过程，从而影响到果蔬在贮藏中的变化，影响到生理机能和生理失调，后熟和衰老过程及贮藏寿命等等，也就是密切关系到果蔬的耐藏性与抗病性。

1. 有氧呼吸与无氧呼吸。

呼吸作用标志着生命的存在，活细胞必须进行呼吸。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氧化——还原过程，把复杂的有机物逐步分解成简单物质，同时释放能量。

植物的呼吸作用有两种不同的类型，即有氧呼吸与无氧呼吸。有氧呼吸必须从空气中吸收分子态的氧，使底物最终彻底氧化成二氧化碳和水，这是植物的主要呼吸方式。无氧呼吸是在缺氧的条件下进行的异常呼吸，结果呼吸底物不能彻底氧化，而是产生各种分解的中间产物，如酒精、乙醛等。以葡萄糖为呼吸底物时，两种呼吸作用的总化学反应式为：



无氧呼吸释放的能量很少。为了获得同等数量的能量，必须消耗远比有氧呼吸多得多的呼吸底物，而且无氧呼吸的最终产物为乙醛、酒精，这些物质对细胞有毒，浓度高时可杀死细胞。从这些方面来看，无氧呼吸是不利且有害的。因此，在贮藏中，不论由何种原因引起的无氧呼吸，都被看作是对正常代谢的干扰与破坏。

2. 呼吸强度与呼吸商。

呼吸是一切生物所具有的特性，生命力越旺盛的植物，

呼吸作用也越强。根据呼吸作用的强弱可以确定植物的生命力及其各种生理活动状况和对环境的适应能力。因此，呼吸作用的测定在贮藏实践中具有很大的意义。呼吸作用的指标通常可用呼吸强度来表示。

果蔬的呼吸作用越旺盛，消耗的养料越多，放出的二氧化碳与热量也越多。这个反应进行得快，果蔬物质的转化、成熟也快。果蔬组织呼吸的旺盛活泼性的程度称为呼吸强度。果蔬的呼吸强度表示了单位重量的果蔬组织在单位时间内，通过呼吸作用所吸收的氧量或放出二氧化碳的量。

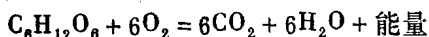
常用呼吸强度是以 1 千克果蔬在 1 小时内，通过呼吸作用放出的 CO_2 的重量（毫克）或体积（毫升）来表示

$$\text{CO}_2 \text{毫克（毫升）/小时/1 千克鲜重}$$

果蔬在呼吸过程中，所释放出的二氧化碳与所消耗的氧气量之比称为呼吸系数或呼吸商 (Respiration Quotient)，简称 $R.Q$

$$R.Q = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{O}_2}}$$

在一般情况下，果蔬呼吸时消耗的底物（或基质）大多是糖类，分解生成的二氧化碳和吸收的氧是等量的，因此，呼吸商等于 1 或接近 1。其方程式如下：

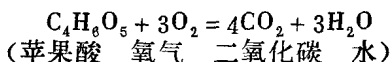


$$R.Q = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{6}{6} = 1$$

这种呼吸商的数值是在有充分的氧气供应，呼吸底物被完全氧化分解的情况下才出现的。当呼吸商大于应有的计算值 1 时，说明由于氧气不足，果蔬进行无氧呼吸的结果；呼吸商小于应有计算值 1 时，说明呼吸底物氧化分解不完全，

形成了中间产物,被吸收的氧大多留在植物体内,放出 CO_2 较少。

由于贮藏条件的变化,在大多数情况下,呼吸作用的底物也会发生转移。当呼吸的底物是有机酸、鞣质时,由于这些物质中含氧较多,呼吸时只需少量的氧,因此 $R.Q$ 就大于1。



上式表明,呼吸产生的 CO_2 与消耗的 O_2 之比为1.33。当呼吸基质是脂肪或蛋白质时,由于这些物质氧含量较低,在呼吸时需要更多的氧,这时 $R.Q$ 就小于1。

因此根据呼吸商的大小,可以大致了解呼吸底物的种类。上面介绍的只是有氧呼吸时的情况。如同时伴有部分无氧呼吸,由于这部分呼吸作用只释放 CO_2 而不吸收 O_2 ,因此这个过程的 $R.Q$ 值就要增大。如有氧呼吸和无氧呼吸同时各消耗1分子葡萄糖, $R.Q = (6 + 2)\text{CO}_2 / (6 + 0)\text{O}_2 = 1.33$,大于单纯的有氧呼吸。无氧呼吸所占的比重越大, $R.Q$ 值也越大。因此,根据呼吸系数还可大致了解缺氧呼吸的程度。

然而呼吸是一个很复杂的综合过程,它可以有几种氧化程度不同的底物参加反应,并且可以同时进行着几种不同的氧化代谢方式。因此,测定所得到的呼吸强度和呼吸商只能综合地反映出呼吸的总趋势,不可能准确地指出呼吸底物的种类或无氧呼吸的程度。

3.呼吸消耗与呼吸热。

呼吸要消耗有机物质(底物)。大部分果蔬呼吸底物主要是糖类。呼吸底物的消耗是果蔬在贮藏中发生失重(自然损耗)和变味的重要原因之一。果蔬呼吸时首先消耗的是单糖,其次是双糖、淀粉、脂肪、有机酸、鞣质和糖苷等。当