

用气调法抑制水果的后熟

气调贮藏的主要优点就是能够防止或者延迟水果的熟化过程及其相应的生物化学和生理学的变化。水果的熟化过程是一个复杂的变化过程，这些变化大多是互不相关的生物化学方面的变化，这些变化将使成熟的水果变得过熟，成为明显的衰变的水果。普拉特(1975年)列出了带果肉的水果熟化过程中的种种现象：

1. 种子成熟。

2. 颜色发生变化：

- a) 叶绿素遭破坏。
- b) 出现类叶红素(桔红色和黄色)。
- c) 合成类叶红素(西红柿的红色)。
- d) 合成花色甙(红色和兰色)。

3. 出现脱离现象。

4. 呼吸速度发生变化：

- a) 为了满足其它变化的能量需要。
- b) 为了反应呼吸速度控制情况的恶化。
- c) 为过量的乙烯所引起。
- d) 与新的酶的活动有关。

5. 乙稀生成速度发生变化：

- a) 引起熟化
- b) 生成过量的乙烯即为一种衰变现象。

6. 生理组织的渗透性发生变化。

7. 软化—果胶成份发生变化。

8. 碳水化合物成份发生变化：

- a) 淀粉转化为糖。
- b) 各类糖相互转化。

9. 蛋白质发生变化：

- a) 量变。
- b) 质变：
 - (1) 酶合成
 - (2) DNA和RNA发生变化。

10. 产生味道挥发物质。

11. 果皮上出现腊。

12. 有机酸发生变化：

- a) 现有量发生绝对变化。
- b) 相对变化—甜度发生变化。

相互关联的现象

上述许多现象都是同时发生，相互关联的。乙烯(C_2H_4)是一种天然的植物激素，它在促使水果熟化过程中起着关键作用。它虽然含量极少(0.1PPm)，但生理作用很强。各种不同的水果产生 C_2H_4 的能力差别是很大的，如图表一所示。各类水果以中等到很高的速度所产生的过量 C_2H_4 即为一种阻止呼吸的更年增长的衰变现象。

提高二氧化碳的含量就能阻止，促进，或者对水果产生 C_2H_4 毫无影响。实验证明， CO_2 是阻止 C_2H_4 作用的强有力的因素—它可以取代其受体所产生的 C_2H_4 ，从而延缓水果的熟化过程。

乙烯产生速度 (mL/kg-hr, 20℃时)	水果种类
很低：0.01—0.1	樱桃、葡萄、柑桔、草莓
低：0.1—1.0	胡椒、菠萝、木莓
中等：1.0—10.0	香蕉、柿子、甜瓜、芒果、西红柿
高：10—100	苹果、杏、梨、桃、番木瓜、鳄梨、梅
很高：>100	Cherimoya sapote

表2 按乙烯产生速度分类的水果

伯格(1967和1969)还证实， C_2H_4 起作用需要氧，所以他建议当 O_2 的含量降低到8%以下时， C_2H_4 与受体场所的结合也应防止。在上述氧含量的情况下， C_2H_4 的产生速度也

会降低——在氧含量为2.5%时， C_2H_4 的产生量只有原来的一半。所以，在阻止 C_2H_4 的产生和发挥作用的情况下，降低 O_2 的含量也能延缓水果的熟化过程。近年来，亚当斯和扬(1979年)报告说将一氨基环丙烷——羧酸转化为 C_2H_4 是需要氧的，这是从蛋氨酸生物合成乙烯的最后一个步骤。

如果加入 C_2H_4 至少可以部份地克服氧对防止或延缓水果熟化的作用。奎齐和弗雷拜恩(1970年)证明，如果将 C_2H_4 加到贮藏在氧含量低于0.5—5%的香蕉中，那么就会引起熟化过程。降低了氧含量的气体一般能更有效地防止更年期前的水果的熟化过程（这种水果尚未产生 C_2H_4 ），而对防止已经产生了 C_2H_4 的更加成熟的水果的熟化过程，效果就差多了。

温度是防止水果熟化的最有效的环境因素。温度在零度至25度之间时，水果的熟化和 C_2H_4 产生的速度是随温度的增加而增快的；温度超过25度时， C_2H_4 的产生和大多数水果的熟化均会受到阻止。要防止熟化，就应该尽量把水果贮藏在零度的情况下。然而，有些水果，尤其是热带和亚热带水果，在其冻结点之上但低于某一特点温度时（5—15℃，视商品种类和贮藏时间而定）会遭受冻伤。所以把气调贮藏法作为保持适宜的温度以便延缓水果的熟化的辅助手段对冷却敏感的水果更加有效，但是它对所有的水果一般来讲都有利。

气调的效果

气调对水果有各种各样的好处，其中最重要的就是能防止其熟化过程的发展。在三千多篇关于气调的论文中，半数以上的论文都谈到了延缓水果熟化过程的问题；最受重视的是苹果。

将氧的含量降低到8%以下，或将二氧化碳的含量升高到1%以上就能阻止水果的熟化。氧的含量越低，二氧化碳的含量越高，水果的熟化就越缓慢。然而有个极限，如果超过这个限度，生理上的损伤就会超过延缓熟化带

来的好处。卡德和莫里斯(1977年)指出2%的氧是大多数水果所能忍受的最低限度。如果再低，就会出现绝氧呼吸现象，结果就会变味和丧失水果的芳香。贮藏在那样低的氧含量的水果，当离开气调环境时，还可能出现熟化程度不齐的现象。各种水果以及同一种水果的不同培植品种对高氧含量的忍受力的区别是很大的。虽然大多数水果能忍受5%含量的二氧化碳，但有些水果在这种情况下就会出现二氧化碳损伤。苹果的各种培植品种对高二氧化碳含量的不同忍受力可参看图表二提供的气调条件。有些水果，如甜樱桃和草莓，不仅能忍受10—20%含量的二氧化碳，而且这样高的含量对它们还有好处。

降低氧含量或者提高二氧化碳含量可以延缓水果的熟化，降低呼吸和乙烯产生的速度，推迟软化、减慢一切与熟化有关的结构变化。水果熟化的防止和减缓对其腐败有直接的影响，因为熟的水果更容易受到收获后病源体的损害。气调的上述优点用另一种方式讲就是延长了贮藏期，保持了质量，减少了收获后的损失。

用气调方法短期地（1—4周，视不同水果而定）延缓水果的熟化过程是不会对水果的口味发生有害影响的，不论这水果是生吃的或是用于加工的。然而，长期的气调贮藏（4周以上）之后，一旦离开调环境就会影响口味质量，就会熟化。而苹果和梨不属这种情况，它们能在气调环境下贮藏数月之久，而口味质量并不受到明显的损害。

一切能延缓熟化、延长贮藏期的有效的气调处理必须依水果质量（外观、结构、味道、营养价值）所受到的影响来判定。

气调的现状及其可能发生的变化

虽然已经经过五十年的研究和发展，但大规模地使用气调的情况仍然仅限于苹果和梨的长期贮藏。还采用气调来运输其它几种水果，如草莓、樱桃和香蕉。图表三提供了水果在运

输或贮藏期间的气调条件,亦包括对其优越性以及目前在商业上的运用范围的估计。应当记住,任何商品水果的最佳气调条件取决于下列因素:采摘时的成熟程度、温度、贮藏期、各种气体成份(氧、二氧化碳、乙烯等)的相互作用。

毫无疑问,随着研究工作的进展,图表三提供的某些气调条件将会有变动。下面就是可能发生变动的诸点:

1. 低压系统可能为适宜低氧含量气调贮藏的水果提供新的机会。这种系统较之常规的气调方法有两个优点,即可以不断地将乙烯排除,并能更准确地控制含氧量,这样就可以使用更低的含氧量而不会有绝氧呼吸的危险。如想进一步了解这方面的情况,请参看拉菲德(1978)、默梅尔斯坦(1979)和贾半森(1980)等人的著述。

2. 排除气调贮藏中的乙烯。现在有明显的证据证明,如果将气流室里的乙烯排除,苹果就能保持更好的硬度,当然得有先决条件:水果必须是在更年期前采摘的,并随即进行气调贮藏,还要将乙烯几乎全部洗涤掉。排除乙烯的结果还可以降低呼吸速度,减少其它挥发物(乙醇、乙醛、醋酸乙酯等)的产生。

3. 气调贮藏前的二氧化碳处理。库依和沃尔森(1977)主张在采摘水果之后,进行气调贮藏之前,要在(10—20%二氧化碳含量的情况下对金帅苹果进行十至十五日的贮藏。这样处理后,水果的硬度更好,酸度损失量更小,没有或者很少有二氧化碳损伤。然而,在同样情况下,其它的品种或别的产区的金元帅却会出现较多的二氧化碳损伤。

4. 采用一氧化碳。给气调加进一氧化碳对某些水果有好处。

伯格(1969年)报告说,由于一氧化碳能与金属的酶结合,所以能取代乙烯的一切功能。所罗莫斯和拉蒂斯报告说(1973年)空气中0.1%的一氧化碳含量里就会使鳄梨和香蕉迅速开始更年期的呼吸作用,产生乙烯并开始熟

化。成熟的绿色西红柿也产生类似的结果。

近来,人们对采用一氧化碳越来越感兴趣,因为当其含量在5—10%时它能有效地防止水果的腐败。人们发现在气调中加入一氧化碳比在空气加入一氧化碳能更有效地防止水果腐败。卡德尔等人报告说(1978年)用5—10%的一氧化碳加空气进行处理就会增大二氧化碳和乙烯的产生速度,并加速成熟的绿色西红柿的熟化过程,但是却不影响半熟时就采摘的水果的熟化过程。当一氧化碳与4%的氧结合时,它对成熟的绿色的,或半熟的水果的熟化过程是没有影响的。所以,在某些水果的运输或贮藏过程中,5—10%的一氧化碳可以对低氧气体起辅助作用,能减少腐败但对熟化又没有不好的影响。

总 结

有关气调的结论可以归结如下:

1. 气调的一个主要优点就是能防止熟化和相应的变化。

2. 氧的含量要降到8%以下才能影响水果的熟化,而且含氧量越低,较果就越大。

3. 含氧量低于2%就会伤害水果,因为会出现绝氧呼吸现象,味道和芳香会散失掉。

4. 提高二氧化碳含量可以延缓水果的熟化;但是在大多数水果所能忍受的含量情况下(<5%),提高二氧化碳的含量一般来讲还不如降低氧含量对防止水果熟化更有效。

5. 各种水果,甚至同一种水果的不同培植品种对高二氧化碳含量的忍受力是很不相同的。由超过其忍受限度的高二氧化碳或低氧含量而造成的生理伤害就是在水果离开气调时的熟化损伤。

6. 防止水果熟化的效果取决于各商品水果,培植品种,收获时的成熟程度,温度,贮藏时间和气调成份。

7. 气调对水果成熟过程的影响是通过它对水果产生的乙烯的抑制作用及其对乙烯的反应而实现的。

8. 如果用增加一氧化碳的方法来 控制 腐败, 那么就应当用低氧来抵消它可能对水果熟化的促进作用, 因为一氧化碳同乙烯的作用很相似。

9. 从延缓水果熟化和变软的角度来看, 甚至在低温情况下 (0—5℃), 将气调水果四周

的乙烯排除掉是很有益的。

10. 已经证实, 用提高二氧化碳含量 (10—20%) 的方法对水果进行 1—4 周的气调前的处理对延缓水果的熟化和变软是格外有好处。 (收稿日期 80.5)

表 2 苹果培植品种气调贮藏的条件

品 种	产 区	温 度 (°C)	气 调 %O ₂ %CO ₂	
红 玉	东部和中两部各州	2.2—一个月然后 0	3	5
mclnrosh	东部和中两部各州	2.2—3.3	3	2.3—一个月 然后 5
翠 玉	加尼弗尼亚 (俄勒	4.4 2.2	3(3)	8 (5.6)
红香蕉、黄香蕉	冈)所有各区	—1 到 0	2.3	1.3
瑞光文沙堡及其它品种				

表 3 运输及贮藏期间的气调条件, 优点及商业应用范围

商 品	温 度	气 调 %O ₂ %CO ₂		优 点	商业应用范围
果树水果					
苹果	0—5	2—3	1—2	极好	在美国大约40%用气调
杏	0—5	2—3	2—3	尚好	浸在商业上应用
櫻桃	0—5	3—10	10—12	好	有些应用
无花果	0—5	15	15	好	有限的应用
驢 莓	0—5	—	—	不好	无应用
桃	0—5	1—2	5	好	有限的应用
梨	0—5	2—3	0—1	极好	有些应用
柿子	0—5	3—5	5—8	尚好	无应用
梅	0—5	1—2	0—5	好	无应用
草莓	0—5	10	15—20	极好	运输上用途日多
亚热带和热带水果					
鳄梨	5—13	2—5	3—10	好	有限
香蕉	12—15	2—5	2—5	极好	有些应用
柠檬	10—15	5	0—5	好	有些
酸橙	10—15	5	0—10	好	有些
橄榄	8—12	2—5	5—10	尚好	无应用
桔子	5—10	10	5	尚好	无应用
芒果	10—15	5	5	尚好	无应用
香木瓜	10—15	5	10	尚好	无应用
菠萝	10—15	5	10	尚好	无应用
蔬菜水果					
甜瓜	5—10	3—5	10—15	好	有限的应用
鱗 露 瓜	10—12	3—5	0	尚好	无应用
柿子椒	8—12	3—5	0	尚好	有限的应用
西红柿(成熟绿色)	12—20	3—5	0	好	有限的应用
西红柿(半熟)	8—12	3—5	0	好	有限的应用