

低压条件下“拳杏”果实的乙烯代谢

李嘉瑞 周燕飞

(西北农业大学园艺系, 陕西杨陵·712100)

S662.201

摘 要 在 $4\text{C} \pm 1\text{C}$, 大气压力分别为 101 324.7、66 661.0 和 13 332.2 Pa 的贮藏条件下, 研究了“拳杏”果实的乙烯代谢, 结果表明: 低压抑制了果实内源乙烯的产生, ACC 和蛋氨酸含量减少, EFE 活性降低, 对 MACC 含量影响不大, 低压处理 14 d 恢复常压后, 内源乙烯逐渐升高。低压处理 21 d 恢复至常压, 14 d 内, 乙烯变化不大。低压处理未看到 EFE 活性“高峰”。低压对 ACC 含量的抑制作用是可逆的, 一旦恢复至常压, 含量就上升。低压贮藏有延缓果实硬度下降的作用。

关键词 杏, 低压, 乙烯, 拳杏

中图分类号 S662.2.Q946.885

乙烯与果实衰老有密切的关系, 大量报道表明, 果实在成熟衰老过程中产生的乙烯影响核酸代谢、酶的活化、激素水平与呼吸等生理过程^[1]。Adams 和 Yang 证明了 ACC 是乙烯生物合成的直接前体, 并确定了植物体内乙烯生物合成途径——蛋氨酸循环, 其中 ACC 是限速步骤^[2,3]。乙烯的产生是跃变型果实在成熟期的一个典型代谢特性, 所以抑制或延缓果实内源乙烯的产生是延长这类果实贮藏寿命的重要措施。已经证明, 杏是典型的呼吸跃变型果实, 在一定条件下提高外源乙烯浓度可促进果实呼吸高峰提早出现, 促进成熟^[4]。有关苹果、梨、鳄梨、猕猴桃和蕃茄果实的乙烯代谢已有了不少报道^[2,3,5,6], 但对杏果的乙烯代谢研究甚少。

低压贮藏是 Burg 于 1966 年首先提出的一种新的贮藏方法, 截止目前已在此某些水果、蔬菜和切花的贮藏保鲜和运输方面开展了研究, 许多学者认为是一种很有前途的贮藏方法。因为在低压条件下果实呼吸降低, 乙烯生成量减少, 糖、酸与叶绿素的分解速度减缓^[7,8]。已经证明, 低压可以延长杏的贮藏寿命, 减少糖、酸损失, 在生理方面研究不多, 与杏果成熟有密切关系的乙烯代谢尚未见报道^[9,10]。本试验的目的在于研究低压条件下和解除低压后杏的乙烯代谢特点, 为杏的低压贮藏提供理论依据。

1 材料与方法

试验于 1986~1987 年进行, “拳杏”(Armeninaca vulgaris Lam.) 样品采自西北农业大学园艺场, 树龄 11 年(1986 年), 当果皮变为淡黄色时采收, 立即运回实验室选择大小均匀、成熟一致的果实为试材。采后第 2 d 进行低压处理, 试验装置接近藤悟的方法^[9], 贮藏器内压力分别为 66 661.0 和 13 332.2 Pa, 以常压(101 324.7)为对照。整个装置置于 $4\text{C} \pm 1\text{C}$ 的冷库中。低压处理时间分别为 14 d 和 21 d; 为了了解低压处理后恢复至常压果实

的代谢特点,在每个处理结束以后仍进行 14 d 的观察与测定。

果实内源乙烯收集参照李震三等提出的方法^[1],在 Shimadzu GC-9 型气相色谱仪上测定,进样量 1 mL。EFE 测定方法是将果实用打孔器制成直径 1 cm,厚度为 0.3 cm 的圆片,取 3 g 左右的果肉于试管中,加 3 mL 1 mmol/L 的 ACC 溶液(含 5%甘露醇),用血清瓶塞密封后摇匀置于 26℃,恒温水浴中保持 4 h,取 1 mL 气体用气相色谱仪测定乙烯,用转化 $\text{ACC} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2$ 的能力表示乙烯合成酶 EFE 的活性。

参照董建国的方法测定 ACC 与 MACC 的含量^[10]。并按 Lizada 提供的方法测定乙烯^[3]。水解 ACC 含量减去 ACC 含量即为 MACC 量。按朱广廉的方法在 121MB 型氨基酸分析仪上测定游离氨基酸^[12]。

用 GY-1 型硬度计测定果实硬度。所测项目均重复 4 次。

2 结果与分析

2.1 低压对果实内源乙烯浓度与 Met 含量的影响

杏果经 21 d 低压处理后,13332.2 和 66661.0 Pa 压力中果实内部乙烯浓度分别为 0.76 和 2.98 mg/L,而对照则高达 10.19 mg/L。这表明低压确实能够有效地抑制杏果内源乙烯的产生,而且在本试验的压力范围内,压力越低影响越大。低压处理 14 d 后恢复至常压,果实内乙烯浓度呈上升趋势,此后 7 d 内基本维持原水平,但始终低于对照。低压处理 21 d 后解除低压状态,以后 14 d 内乙烯浓度变化不大。以上结果表明:低压处理 14 d 即可降低乙烯的高峰值,低压处理 21 d 效果更为明显,直到处理后 35 d 乙烯高峰尚未出现。在我们的试验范围内低压处理的时间愈长,压力愈低,对乙烯产生的抑制愈明显,后效也愈长。

另外,测定了不同压力下杏果实蛋氨酸(Met)含量表明,低压处理 7 d 后杏果实中的 Met 比对照有所增加,低压处理 14 d 和 21 d 的 Met 含量明显低于对照,并且 13 332.2 Pa 的抑制效果大于 66 661.0 Pa(表 1)。

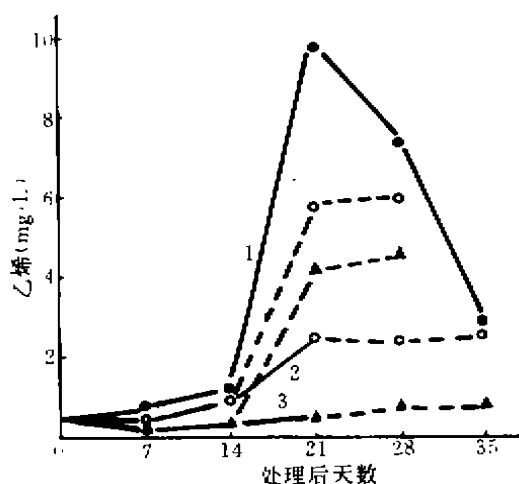


图 1 低压对果实内乙烯生成的影响

1. CK; 2. 66661.0 Pa; 3. 13332.2 Pa
虚线示由低压移至常压条件下(下同)

表 1 不同压力下果实中蛋氨酸(Met)含量的变化

mg/100g 果肉

压 力 (Pa)	处理时间(d)			
	0	7	14	21
101 324.7	0.421	0.200	0.434	0.399
66 661.0	0.421	0.574	0.347	0.254
13 332.2	0.421	0.362	0.269	0.198

2.2 低压对杏果组织中 ACC 含量的影响

在低压条件下,不论处理时间长短,果肉组织中 ACC 含量虽有差异,但均比对照低(图 2)。在 13 332.2 Pa 条件下 ACC 一直处于较低水平,66 661.0 Pa 条件下 14 d 后达到最低水平,以后有上升趋势,但仍低于同期的对照。对照果实中的 ACC 贮藏后 21 d 达到高峰,说明低压不仅抑制了乙烯的产生,也抑制了 ACC 的合成,由于 ACC 合成被抑制才导致了乙烯降低。

低压处理 7 d 后恢复至常压时,果肉组织中的 ACC 表现为上升趋势,甚至可以达到或接近于对照水平。解除低压后 ACC 在果肉组织中得以积累,表明低压对 ACC 生成的抑制是可逆的,一旦解除低压状态,ACC 的产生则迅速增加。低压处理 21 d 恢复至常压,果肉组织中 ACC 含量的变化同低压处理 14 d 后恢复常压的情形相似。低压处理 21 d 后恢复至常压,ACC 上升,7 d 后急剧下降,而此时对照仍处于较高的水平。即低压处理 21 d 降低了果肉组织中 ACC 含量的峰值。以上结果表明:压力愈低,处理时间愈长对 ACC 的抑制愈显著,后效愈长。

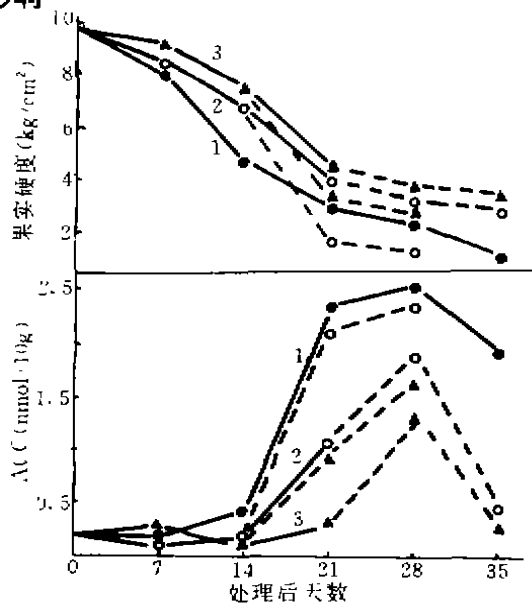


图 2 低压对杏果组织 ACC 含量与果实硬度的影响

测定表明,虽然处理和对照的果实硬度都呈下降趋势,但低压处理仅能够延缓这种下降速度,说明采后果实变化的总趋势是衰老,低压只能延缓衰老速度,并不能阻止其发生。

2.3 低压对杏果组织中 MACC 含量的影响

在低压贮藏的 21 d 期间,无论是 13 332.2 Pa 还是 66 661.0 Pa 低压处理,其 MACC 的动态变化与一般常压条件下基本相同,均处于较低水平。如果处理 14 d 后恢复至常压,再经 14 d 就达到高峰,但低压处理的峰值比对照偏低,如果以对照的 MACC 的峰值为 1,那么 13 332.2 Pa 与 66 661.0 Pa 的峰值分别是 0.79 和 0.86。低压处理 21 d 后恢复至常压,果肉中 MACC 在 7 d 内达到峰值,对照与 13 332.2 Pa、66 661.0 Pa 的比为 1 : 0.50 : 0.75。而对照经 35 d 贮藏 MACC 含量很低,说明低压能促使 MACC 的积累(图 3)。

2.4 低压对杏果组织中 EFE 的影响

低压处理 21 d 期间,不论是 66 661.0 Pa 还是 13 332.2 Pa 均抑制乙烯合成酶(EFE)的活性。贮藏 21 d 后对照果实中的 EFE 即可达到高峰,而 13 332.2 和 66 661.0 处理的 EFE 活性只有对照的 4.4% 和 8.4%。低压处理 14 d 后恢复至常压 EFE 活性在 14 d 期间变化不大,也没有出现高峰;21 d 低压处理再恢复至常压,也未出现高峰,说明低压 14~21 d 的处理都能抑制 EFE 的活性,并至少可以保持 14 d 的后效(图 4)。

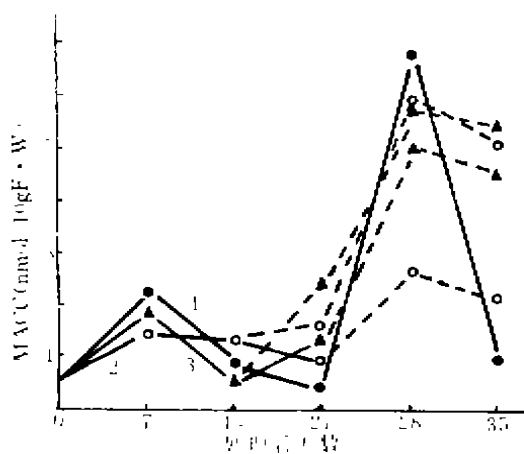


图 3 低压对杏果实组织中 MACC 的影响

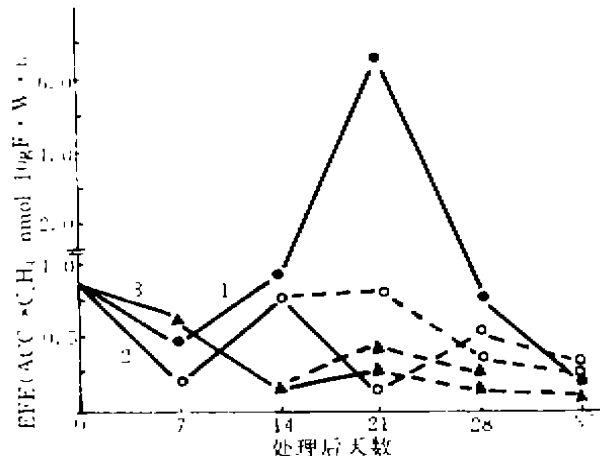


图 4 低压对杏果组织中 EFE 活性的影响

3 讨 论

试验表明,低压有效地抑制了乙烯产生,低压处理 21 d,这种抑制作用仍有 14 d 的后效,而低压处理 14 d 只能降低乙烯的高峰值。低压对乙烯产生的抑制作用则随压力的降低而增加。Bufler 与 Yang 指出:ACC 转化为乙烯是一个需氧过程^[3,4],大气压力的降低也使空气的氧分压降低,抑制了 $\text{ACC} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$ 的转化。这种抑制作用可以保持 14 d 以上,它可以用来解释低压贮藏的机理。当前认为 EFE 存在于液泡膜和质膜上^[2],经低压处理的杏果 EFE 的活性明显被抑制,所以可以认为低压导致了果实组织代谢和膜系统结构产生变化,降低了 EFE 系统的活性,影响了乙烯的产生。

$\text{Met} \rightarrow \text{SAM}$ 的转化是一个需要 ATP 的过程^[2,3],Met 的碳架来自 ATP 的核糖部分。低压处理使氧分压降低,也使组织的呼吸代谢强度降低,氧化磷酸化水平下降,ATP 含量减少,影响了乙烯生物合成的进行。这可能是低压贮藏减缓衰老过程的原因之一。

在我们试验中出现了一种有趣现象,低压处理 7 d, Met 含量反而增加,14 d 后才开始下降,其原因可能是氧分压的降低导致 ATP 含量降低,使 $\text{Met} \rightarrow \text{SAM}$ 被抑制,这时, Met 暂时积累,随着处理时间的延长,整个蛋氨酸循环系统被抑制, Met 也随之下降,这种推测尚待进一步研究。

低压不仅抑制乙烯的产生,而且抑制 ACC 的生成。我们的试验表明,这种抑制是可逆的,一旦恢复至常压 ACC 含量即迅速增加。果实内 ACC 含量取决于 ACC 的合成量与利用速率两个条件,低压解除后 ACC 迅速上升,达到或接近对照水平,而果实中的乙烯浓度仍然较低,这种现象可以认为是 $\text{ACC} \rightarrow \text{乙烯}$ 的能力尚未完全恢复,引起了 ACC 的积累。

MACC 是一个盲终端产物,成为减少乙烯在细胞中积累的重要机制之一^[13]。在我们的实验中,虽然处理期间 MACC 的含量与对照无太大差异,但贮藏 35 d 后,处理却明显高于对照,这说明 MACC 转化途径对低压条件反映较慢,然而最终仍表现了含量升高,证实了 Leshem 的看法:MACC 产生常常是逆境条件下发生的一种转化途径^[2]。

低压对于保持果实的硬度具有明显的效果,而且 13 332.2 Pa 的效果大于 66 661.0 Pa. 果实贮藏 21 d 后,对照果实已经完全软化,处理果仍能保持较高的硬度,说明低压对组织结构的保持确实有良好的效果。硬度的大小可以看作杏果衰老程度的指标,所以低压可以延缓杏的衰老。

气调贮藏研究中,低氧抑制乙烯的产生,ACC 含量提高,恢复至正常空气中,乙烯的产生仍低于对照^[5],我们的试验大体与 Brest 相一致。但低压抑制了 ACC 的产生,低氧则未抑制 ACC 的产生,反而造成它的积累,所以低压处理引起的一系列生理反应并不仅仅是氧含量降低的结果,低压的生理反应虽与气调在某些方面有相似之处,但并非完全相同。

综上所述,低压处理后,杏果乙烯代谢表现为 ACC 生成受阻,EFE 活性降低,从而导致内源乙烯浓度下降,延缓了衰老过程,这就是杏低压贮藏具有良好效果的原因之一。

参 考 文 献

- 1 徐绍颖. 植物生长调节剂与果树生产. 上海, 科学技术出版社, 1987
- 2 宋纯鹏, 梅慧生. 高等植物体内 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)的形成、转化和转节. 植物生理学通讯, 1990(4), 13~19
- 3 Yang S. F. Biosynthesis and action of ethylene. Hort Science, 1985, 20(1), 41~45
- 4 李嘉瑞, 轩海波. 乙烯利对“拳杏”果实的催熟作用. 西北园艺, 1988, 23(3), 6~8
- 5 Brecht J K. Tomato fruit development and the location of the interaction of ethylene production. Hort Science, 1986, 21(3), 836~837
- 6 Boffler G. Ethylene biosynthesis and action. Acta Horticulturae, 1986, (181), 93~99
- 7 Rasmussen G K. Cellulase in separation zones of citrus fruit treated with Absciscic Acid under normal and hypobaric atmospheres. J Amer Soc Hort Sci, 1974, 99(3), 229~231
- 8 Kim M, Ogaki C. Characteristics of respiration and ethylene production in fruit transferred from low pressure storage to ambient atmosphere. J Japanese Soc Hort Sci, 1986, 55(3), 339~347
- 9 近藤悟. 减压贮藏における减压度力果实品质に及べ可影. 日本园艺学会杂志, 1983, 52(2), 180~188
- 10 李震三, 宋述香, 周爱莲. 苹果、梨果实乙烯的气相色谱仪测定方法. 中国果树, 1980, (3), 44~46
- 11 董建国, 李振国. 乙烯生物合成中间体-1-氨基环丙烷-1-羧酸及其丙二酸结合物的测定. 植物生理学通讯, 1983 (6), 46~48
- 12 朱广廉, 袁洪生. 植物组织内氨基酸组分和含量的测定. 植物学通报, 1984, 2(4), 47~50
- 13 Jiao xin-Zhi, Yang. S F. The conversion 1-(Malonylamino) cyclopropane-1-Carboxylic Acid to 1-aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid in plant tissues. Plant Physiol, 1986, 81(3), 637~641

Ethylene Metabolism of Stored “Quanxing” Apricot Fruits under Hypobaric Atmosphere

Li Jiarui Zhou Yanfei

(Department of Horticultural Science, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Ethylene metabolism in “Quanxing” apricot fruits (*Armeniaca vulgaris* Lam) stored in normal (101324. 7 Pa) and hypobaric atmosphere (13332. 2 Pa and 66661. 0 Pa) at $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ was studied. The results showed that ethylene, ACC, Met production and activity of EFE in fruit tissues were inhibited in hypobaric atmosphere, but the low pressure would hardly affect MACC content. Ethylene production increased gradually under normal condition after low pressure treatment for 14 days. If samples were stored in hypobaric atmosphere for 21 days, endogenous ethylene production in fruits would change very little during 14 days under normal condition. Activity of EFE under no pressure has no climacteric “Peak”. Hypobaric inhibit effect for ACC was reversible. Content of ACC could increase immediately once fruits were exposed to normal air. Stored fruits in hypobaric atmosphere can delay the decrease in fruit firmness.

Key words apricot, hypobaric atmosphere, Ethylene