

## 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期挥发性 芳香物质含量的影响

郭艳萍<sup>1,2</sup>, 王贵禧<sup>2\*</sup>, 梁丽松<sup>2</sup>, 马惠玲<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091)

**摘要:**为了探明乙烯与桃果实冷害之间的关系,以‘八月脆’桃果实为试验材料,研究了乙烯吸收剂、1-MCP、外源乙烯对低温 MA 贮藏期间和货架期桃果实的主要风味物质含量的影响。结果表明:外源乙烯处理能使桃果实贮藏前期保持很好的风味,但后期风味最差。低温 MA 贮藏期间和货架期期间 1-MCP 处理与乙烯吸收剂处理类似,贮藏后期还能保持较好的桃风味,且 1-MCP 处理效果更好。低温 MA 贮藏期间,己醛、苯甲醛含量受低温抑制明显,未随乙烯存在与否而明显变化;反-2-己烯醛随外源乙烯有无而变化,芳樟醇、 $\gamma$ -癸内酯含量和脂氧合酶(LOX)活性因乙烯存在而降低或后期降低,这些物质变化可以作为评价桃果实冷害的指标。

**关键词:**桃; MA 贮藏; 1-MCP; 风味物质; 脂氧合酶(LOX)

**中图分类号:**S662.101

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7461(2008)03-0163-05

### Effect of Three different Treatments on the Aroma Synthesis of Peach Fruit during MA Storage and Shelf Life

GUO Yan-ping<sup>1,2</sup>, WANG Gui-xi<sup>2</sup>, LIANG Li-song<sup>2</sup>, MA Hui-ling<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The Research Institute of Forestry, China Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Variations of the flavor components in peach (variety Bayuecui) under three treatments (ethene absorbent, 1 MCP, and exogenous ethene) were studied during the low temperature storage (modified atmosphere, MA) and shelf periods to investigate the relationship between the function of ethene and freezing injury of the fruit. The results showed that the exogenous ethene treatment could make the peach fruit keep its flavors during the early storage period, but worst in the late periods; 1-methylcyclopropene treatment was similar to the ethene absorbent treatment, it could keep the flavors in the late period, and the 1 MCP treatment was better. During the low temperature modified storage period, the inhibition effect on the contents of hexenal and benzaldehyde was obvious, and didn't change with or without the presence of ethene, the content of trans-2-hexenal however, changed with ethylene; the contents of linalool,  $\gamma$ -decalactone and LOX activity decreased because of the presence of ethene absorbent. The changes of these components can be used as indicators assess the degree of freezing injury of peach.

**Key words:** peach; modified storage; 1-methylcyclopropene; flavor material; LOX

桃果实风味独特,汁多味美。由于桃果实采收季节正值夏季高温,采后迅速出现呼吸和乙烯释放高峰,致使桃果实不耐贮存。低温虽然延长了桃果实的贮藏期,但易发生冷害。受冷害的桃果实果肉褐变,质地硬化,不能正常后熟,固有风味变淡或丧失,甚至产生异味<sup>[1,2]</sup>。有时轻微的冷害症状在低温

贮藏期间表现不明显,回温后其冷害症状才表现出来。Lizana 等(1998)发现桃果实在低温条件下贮藏容易发生乙烯代谢障碍<sup>[3]</sup>;茅林春等(1999)证实低温乙烯代谢的失调导致果实不能正常后熟和软化<sup>[4]</sup>。

未成熟桃主要含有“青香型”香气成分 反式-

收稿日期:2007-09-17 修回日期:2007-10-11

基金项目:北京市自然科学基金项目(6062027);“十一五”国家科技支持计划重点项目(2006BAI22B04)

作者简介:郭艳萍(1981),女,山西孝义人,硕士研究生,主要从事桃果实贮藏保鲜研究。

\* 通讯作者:王贵禧(1962-),男,博士生导师,研究员,主要从事经济林产品保鲜利用研究。

2-己烯醛和正式-3-己烯醇,它们是 LOX(脂氧合酶)途径的产物。成熟果实中形成几种重要的“果香型”香气成分——内酯类物质,有报道认为其生物合成也源于 LOX 途径<sup>[5]</sup>。香气成分的变化能够指示桃果实后熟的进程。有关桃果实香气成分的变化与乙烯代谢之间的关系前人鲜有报导。通过研究低温贮藏条件下,乙烯存在与否对桃果实主要风味物质的消长规律的影响,进一步揭示乙烯对桃果实冷害的生理作用机制,为采用自发气体调节贮藏(MA)控制桃果实冷害提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试材为‘八月脆’桃,采自北京市平谷区果园。采收当天运回实验室,挑选大小均匀,约八成成熟的桃果实,经预冷 1 d 后装入厚度为 0.03 mm 的聚乙烯塑料保鲜袋内,置于 0℃冷库低温贮藏。

### 1.2 处理方法

试验设 4 个处理。(1)外源乙烯处理:体积分数为 6~10  $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  (在保鲜袋内注入乙烯,用 GC 检测浓度);(2)1-MCP 处理:体积分数为 3~5  $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  (1-MCP 为 RohmHaas 公司惠赠);(3)乙烯吸收剂处理:称取 63.6 g  $\text{KMnO}_4$ ,溶于 1 000 mL 水中,加入 1 kg 蛭石,浸渍 1 h,连续搅拌促其吸附  $\text{KMnO}_4$ ,沥出后阴干,即为乙烯吸收剂。使用时,将其装入透气的小袋中,与桃果放在一起,使用量为桃果量的 2%;(4)对照:装入密封的 PE 袋中,袋内为空气。

试验时间为 60 d,每处理装 5 袋,每袋装桃果 20 个,共计 20 袋。每隔 12 d,分别随机取样 1 袋,测定刚出库(0℃)、回温(20℃)3 d 的果实风味物质含量。部分刚出库和回温 3 d 果实切块用液氮速冻, -80℃保存,用于 LOX 活性测定。

### 1.3 测定方法

1.3.1 风味物质测定 参考魏好程<sup>[6]</sup>的方法。取 500 g 桃果实,四分法切样,去核后取部分放入榨汁机中榨汁待用。

取桃果实中果皮部分榨汁,称取 5 g 桃汁,用顶空固相微萃取装置抽取气体,用气相色谱测定。分析仪器为北分瑞利 SP-3420 型气相色谱仪、FID 检测器、HP 5(30 m×0.1 mm×0.33  $\mu\text{m}$ )石英毛细柱。起始温度 50℃,保持 2 min,以 4℃·min<sup>-1</sup> 的速率升温至 250℃,保持 10 min,检测器温度 280℃,进样口温度 220℃,载气为氮气。

1.3.2 LOX 活性测定 参考 Axelrod<sup>[7]</sup>的方法,有

改进。取果肉 10.0 g,于冰冻过的研钵内加入 0.5 g 聚乙烯吡咯烷酮(PVP)和 20 mL 经 4℃预冷的 pH7.0 的 50 mmol·L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液,冰浴匀浆, 1.5×10<sup>4</sup> g (4℃)离心 15 min,上清液即为 LOX 提取液。

磷酸缓冲液 30℃保温 30 min 后,量取 2.7 mL 该液和 25  $\mu\text{L}$  反应底物于比色皿中;酶液 0.1 mL 加入反应混合液中,用紫外分光光度计于 234 nm 处在 15 s 后记录 1 min 内 OD 值变化,以等量磷酸缓冲液取代酶为该反应空白对照。

酶活性以  $\Delta\text{OD}_{234} \text{ min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  表示,其中每 0.001 个变化表示 1 个酶活性单位。重复 3 次。

1.3.3 数据处理 数据用 SPSS10.0 软件进行数据处理,采用 ANOVA 进行邓肯氏多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏期和货架期桃果实风味物质变化

2.1.1 不同处理对己醛含量变化的影响 在未成熟桃果实中,己醛是一种含量很高的化合物,它具有青草香味,赋予果实以新鲜的感觉,被称为“青香型”香气成分<sup>[8]</sup>。由图 1 可看出,贮藏中后期和回温 3 d 内,己醛含量均呈下降趋势,使果实青香风味逐渐变淡,酯类物质含量增多。在酯类物质合成过程中,需要以醛类物质作为其合成前体,在贮藏及回温后醛类物质的降低,可能是一部分醛类物质作为酯类物质的合成前体而丧失<sup>[9]</sup>。

由图 1A 可知,对照和 1-MCP 处理在贮藏 12 d 时己醛含量最高,以后持续降低;外源乙烯处理和乙烯吸收剂处理时,贮藏 24 d 己醛含量达到最高,以后持续下降。说明冷藏前期,桃果实仍保持“青熟”的风味特点,青香型己醛才开始形成。外源乙烯和乙烯吸收剂均延缓了己醛的形成进程,乙烯作用抑制剂未表现这种作用。各处理之间差异显著。

由图 1B 知,采后回温 3 d,桃果实己醛含量急剧上升,与初采时差异极显著。冷藏 12 d 后,无论何时取出果实回温都无法再现这种增长现象。除对照果在 24 d 终止冷藏再回温时己醛含量出现小幅升高外,其他各处理果实在回温时都表现出含量下降,各处理之间差异不显著( $P=0.05$ )。说明连续的室温环境是桃果实己醛大量形成的必要条件,一旦遭遇一定累积低温,己醛合成的抑制将不可逆转,而低温加外源乙烯处理并不能取代室温的作用。

不管是在贮藏期间,还是在出库后的货架期,己醛的合成与乙烯存在与否关系不大,而主要与贮藏温度有关。

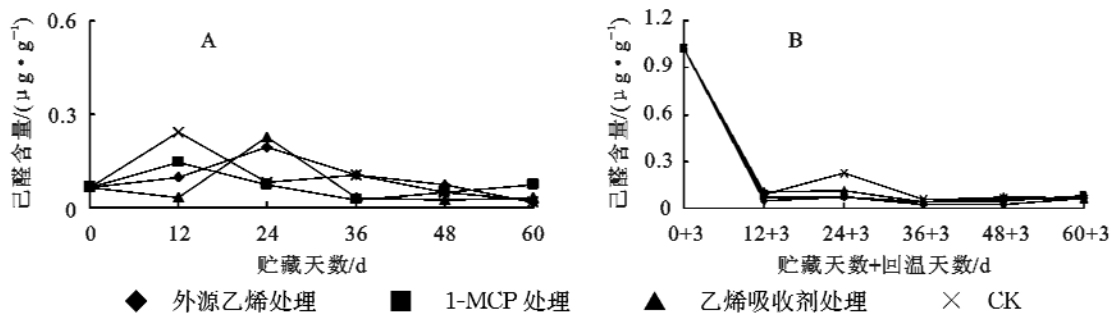


图1 不同处理对桃果实贮藏期和货架期己醛含量的影响

Fig. 1 Changes of the hexanal content during the peach fruit storage and shelf life under different treatment

2.1.2 不同处理对反-2-己烯醛含量的影响 反式-2-己烯醛也是桃果实“青香型”风味的一种。由图2A看出,随着果实冷藏时间的延长,其含量逐渐下降。但当外源乙烯处理时,冷藏24 d后果实反-2-己烯醛增加至一个高峰,并极显著高于对照( $P=0.01$ );而1-MCP处理和乙烯吸收剂处理较对照低,差异显著。可见,外源乙烯的加入促进了桃果实反-2-己烯醛的生成。冷藏24 d后,乙烯吸收剂处理果实的反-2-己烯醛含量下降最快。贮藏60 d时,乙烯吸收剂处理反-2-己烯醛含量却显著高于其他处理。

图2B中,回温3 d后,果实反-2-己烯醛含量与图2A的持续冷藏果表现出不同的规律。冷藏48 d,出库时原来反-2-己烯醛含量最高的外源乙烯处

理果经3 d回温后较3 d前降低;而出库时含量居第2的对照经3 d回温却增至第一,并H也在24 d时出现高峰。可见,采收期的桃果中反-2-己烯醛经历了采后低温处理下降后又可在外源乙烯或回温处理条件下再次合成,并至24 d左右达到高峰,且外源乙烯处理与对照之间差异显著。因此,低温条件下,外源乙烯处理可替代回温的作用,使24 d时反-2-己烯醛含量达到高峰,而无论低温还是回温,高峰一经达到即迅速下降,反映出桃果风味变化的短暂性。冷藏60 d后,反-2-己烯醛持续较低的乙烯吸收剂处理反而高于其他各处理,呈现出合成增多的趋势,说明该组分的积累与冷害有关。

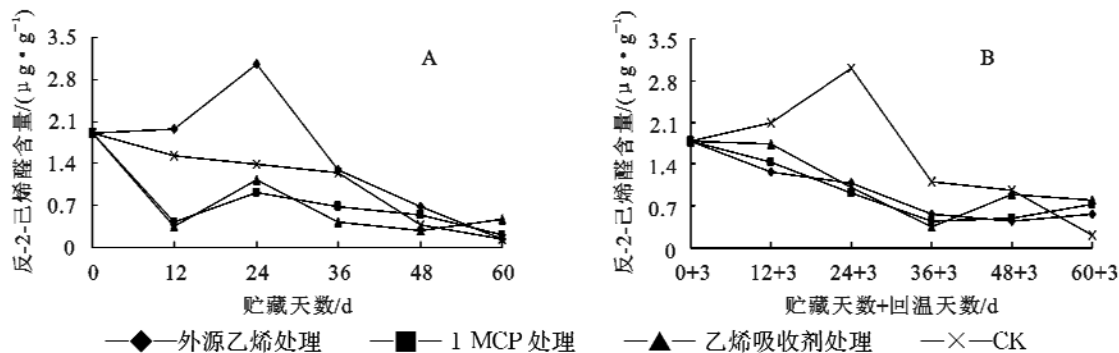


图2 不同处理对桃果实贮藏期和货架期反-2-己烯醛含量的影响

Fig. 2 Changes of the trans-2-hexenal content during the peach fruit storage and shelf life under different treatment

2.1.3 不同处理对苯甲醛含量的影响 苯甲醛能使桃果实保持良好的风味<sup>[10]</sup>。由图3A可以看出,入库时苯甲醛含量较高,低温冷藏12 d后,苯甲醛含量急剧下降,以后又缓慢上升,对照上升较快,至冷藏36 d时达到最大,与其他各处理间差异显著( $P=0.05$ );贮藏48 d时,1-MCP处理苯甲醛含量显著高于对照和其他2种处理,差异显著( $P=0.05$ )。贮藏60 d时,1-MCP处理仍能维持较高的苯甲醛含量。由图3B知,采后室温3 d后,苯甲醛含量亦先急剧下降,以后随着出库时水平的逐渐升高而保持缓慢升高的趋势。外源乙烯有无对其生成量没有显著影响。

2.1.4 不同处理对芳樟醇含量的影响 芳樟醇使

果实呈现花香风味<sup>[11]</sup>。由图4A知,桃果采后一经冷藏,芳樟醇含量急剧下降,唯乙烯吸收剂处理在冷藏24 d时出现了新的高峰。说明低温抑制芳樟醇的持续合成,对乙烯的去除可以部分解除这种抑制。

由图4B可知,采后回温3 d,芳樟醇能够维持高水平,亦表明室温可以使芳樟醇持续合成。冷藏后再回温处理中,除了(36+3) d时乙烯吸收剂处理果芳樟醇含量出现了升高现象,其他各组果都保持了出库时的水平或比出库时有所下降(乙烯吸收剂处理24 d冷藏后回温)。可见,低温对芳樟醇合成的抑制无法由乙烯扭转,却可由乙烯吸收剂在冷藏一定时间后扭转,反映了乙烯对芳樟醇合成潜在的阻碍作用。

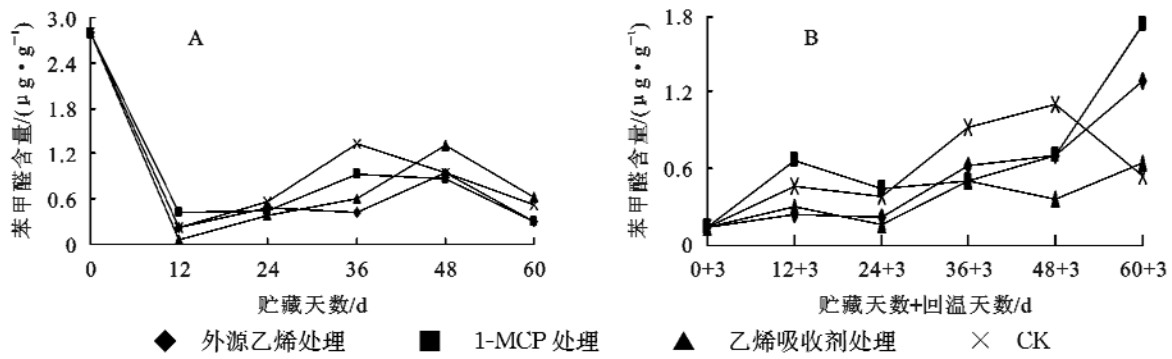


图3 不同处理对桃果实贮藏期和货架期苯甲醛含量的影响

Fig. 3 Changes of the benzaldehyde content during the peach fruit storage and shelf life under different treatments

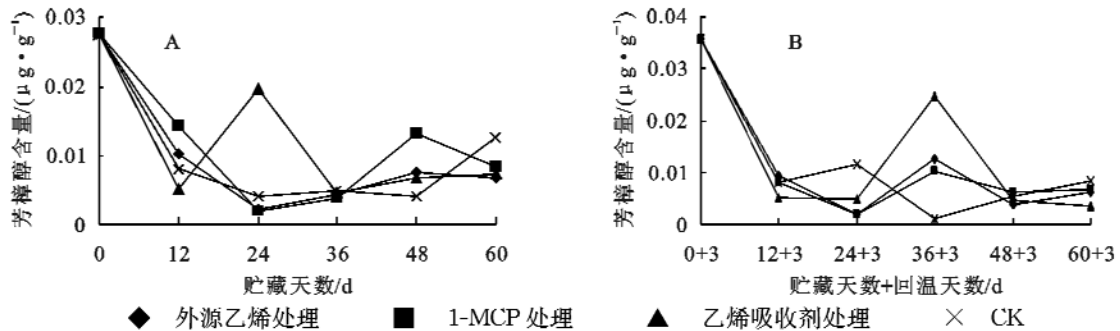


图4 不同处理对桃果实冷藏期和货架期芳樟醇含量的影响

Fig. 4 Changes of the linalool content during the peach fruit storage and shelf life under different treatments

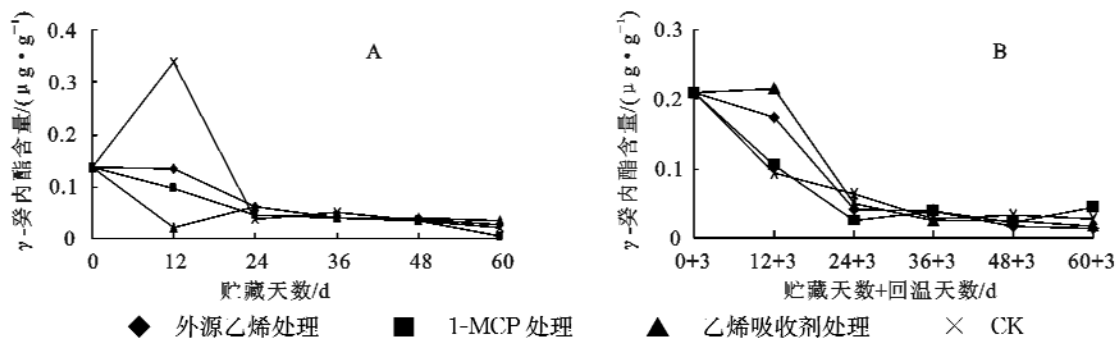
2.1.5 不同处理对 $\gamma$ -癸内酯含量的影响  $\gamma$ -癸内酯使桃果实具有桃特有的芳香气味,使桃果实具有桃香尾韵<sup>[12]</sup>。由图5A看出,冷藏12 d对照处理的 $\gamma$ -癸内酯含量显著高于其他3种处理,外源乙烯未表现出对这一组分生成的促进作用,乙烯吸收剂却表现了显著的抑制作用,随后各处理一致降低。可见,果实采后, $\gamma$ -癸内酯的生成与乙烯的有无相关性不大,冷藏24 d后各处理之间差异不显著,可能与冷害的发生有关。

由图5B看出,采后直接回温3 d, $\gamma$ -癸内酯含量上升。冷藏后再回温时乙烯吸收剂处理在(12+3) d时增加,其他处理都有不同程度下降。因此,对 $\gamma$ -癸内酯合成的抑制在冷藏12 d左右时还可通过回

温来阻止。冷藏期长于12 d时,阻止作用不大。

## 2.2 不同处理对脂氧合酶(LOX)活性的影响

桃果实冷藏期间,LOX活性呈波动趋势(图6)。冷藏前期,LOX活性逐渐增大,冷藏24 d达到第1个高峰值,乙烯吸收剂处理和对照及其他处理之间差异不显著。冷藏48 d,外源乙烯处理、乙烯吸收剂处理和对照的LOX活性均达到第2个高峰值,三者之间差异不显著,说明2种处理对LOX活性没有明显影响。1-MCP处理的LOX活性显著低于前三者,说明对乙烯的抑制延缓了冷藏后期LOX活性的增强,从而具有延缓衰老的潜力。各阶段回温处理都比出库时LOX活性水平有所下降。可见,室温逆转了低温诱导的LOX活性增强。

图5 不同处理对桃果实冷藏期和货架期 $\gamma$ -癸内酯含量的影响Fig. 5 Changes of the  $\gamma$ -decalactone content during the peach fruit storage and shelf life under different treatments

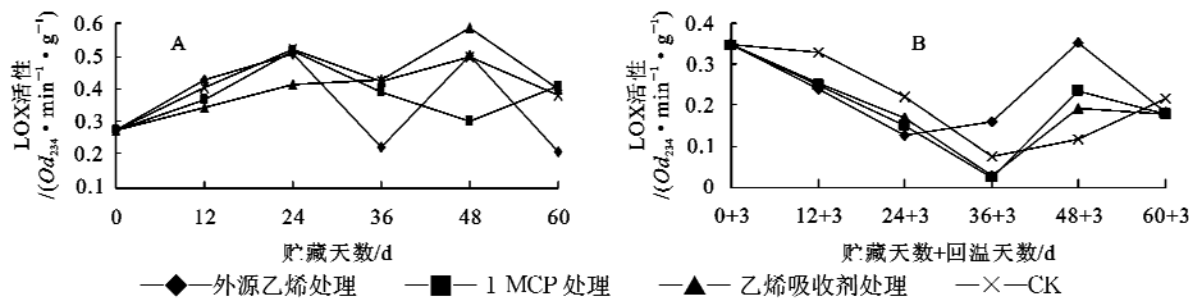


图6 不同处理对桃果实冷藏期和货架期 LOX 活性的影响

Fig. 6 Changes in activity of lipoxygenase during the peach fruit storage and shelf life under different treatments

### 3 结论与讨论

研究表明,乙烯存在与否对桃果实冷藏期和货架期3 d的反-2-己烯醛合成分别起促进或抑制作用;乙烯吸收剂或抑制剂促进了芳樟醇和 $\gamma$ -癸内酯的形成;己醛、苯甲醛含量主要因低温而合成受抑,不受乙烯的明显影响。

乙烯的抑制剂(1-MCP)处理和乙烯吸收剂处理回温后较外源乙烯处理延缓了LOX活性的增高,对减轻冷害、增进冷藏桃的风味具有潜在效果。

乙烯对桃果实的己醛生物合成过程中酶活性起到促进作用,1-MCP为乙烯抑制剂,它抑制了乙烯的生成,故乙烯的生理作用得不到表达,己醛生物合成过程中酶活性受到抑制,这些酶不能进一步催化酯类等物质的前体物质<sup>[9]</sup>。本研究表明,乙烯对己醛的生物合成没有直接的调控作用,与试验用桃果实低温冷藏有关,低温对己醛的抑制作用不能被有限的外源乙烯所阻止。

苯甲醛在初采和持续3 d室温时含量均高,低温冷藏后先急剧下降,再缓慢升高,回温处理保持相同的变化趋势,说明苯甲醛的形成不是单一途径,一条途径负责果实在母树上生长发育期苯甲醛的大量合成,另一条途径负责桃果实采后苯甲醛微量合成。果实采收后,前一途径关闭,后一途径逐渐启动。

芳樟醇为幼果香气组分,反-2-己烯醛为进入成熟果实的香气特征组分, $\gamma$ -癸内酯为典型成熟香气组分。乙烯吸收剂对前者的部分促进和对后二者及冷藏后期LOX的抑制作用缓解了果实由“绿熟”向“成熟”的进程,使果实保持了一定的“新鲜”状态,但这种现象也可能是乙烯吸收剂和乙烯抑制剂(1-MCP)处理MA冷藏后期果实不可逆硬化的反映。

### 参考文献:

- [1] 胡花丽,王贵禧,李艳菊. 桃果实风味研究进展[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 280-287.
- [2] 王友升,王贵禧. 冷害桃果实品质劣变及其控制措施[J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 465-472.
- [3] LIZANA L A, FELL J C, LUCHSINGER L E. Influence of postharvest temperature and controlled atmosphere conditioning on 'O' Henry' peach storage disorders[J]. Acta Horti, 1998, 464: 527.
- [4] 茅林春,张上隆. 采后桃果实中多胺和乙烯对低温胁迫的反应[J]. 园艺学报, 1999, 26(6): 360-363.
- [5] TIMOTHY P, JOEL C, JEAN F M, et al. Nucleotide sequence, organisation and structural analysis of the products of genes in the nir13-cysG region of the *Escherichia coli* K-12 chromosome[J]. European Journal of Biochemistry, 1991(2): 315-323.
- [6] 魏好程. 桃果实采后冷藏保鲜及其品质控制的研究[D]. 海南儋州: 华南热带农业大学, 2005.
- [7] AXELROD B, CHEESBROUGH T M, LEAKSO S. Lipoxygenase from soybeans[J]. Methods in Enzymology, 1980(7): 443-451.
- [8] DO J Y, SALUNKHE D K, OLSON L E. Isolation, identification and comparison of the volatiles of peach fruit as related to harvest maturity and artificial ripening[J]. J Food Sci, 1969, 34: 618-621.
- [9] 胡花丽. 外源乙烯对CA贮藏桃果实风味及其相关生理机制的影响[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2007.
- [10] HIDENOBU S, SACHIKO S, AYA N, et al. Changes in composition of volatile compounds in high pressure treated peach[J]. J Agric Food Chem, 1994, 42(3): 785-790.
- [11] BUTTERY R G, ROY T, LOUISA C L. Fresh tomato aroma volatiles: A quantitative study[J]. J Agric Food Chem, 1987, 35: 540-544.
- [12] GLENN W, CHAPMAN J, ROBERT J II, et al. Physical and chemical changes during the maturation of peaches[J]. J Agric Food Chem, 1998, 39: 867-870.