

胡花丽, 叶小平, 李鹏霞, 等. 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对采后小包装丰水梨货架期品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(1): 191-196.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.01.031

## 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对采后小包装丰水梨货架期品质的影响

胡花丽<sup>1</sup>, 叶小平<sup>1,2</sup>, 李鹏霞<sup>1</sup>, 赵江涛<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京 210014; 2. 扬州大学食品科学与工程学院, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 为了适应梨果实互联网销售的新模式, 以丰水梨果实为试验材料, 研究了乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对小包装丰水梨果实货架期品质的影响。结果显示, 与带孔包装(CK)和 PE 密封包装(PE)相比, 添加 10 g 乙烯吸收剂(PE+EA)和 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂(PE+EA+CA)处理显著减缓了果实硬度、TSS 含量的下降, 降低了果实丙二醛含量, 并抑制了果心组织的褐变, 从而保持了果实较好的滋味特性, 其中 PE+EA+CA 处理的效果更佳, 这可能与降低果实的呼吸速率有关。说明, 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂处理可作为一种保持小包装丰水梨果实流通及货架期较好品质的有效方法。

**关键词:** 丰水梨; 乙烯吸收剂; CO<sub>2</sub> 吸收剂; 品质

**中图分类号:** S661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)01-0191-06

## Effects of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on the shelf quality of little packaged Hosui pear

HU Hua-li<sup>1</sup>, YE Xiao-ping<sup>1,2</sup>, LI Peng-xia<sup>1</sup>, ZHAO Jiang-tao<sup>1</sup>

(1. Institute of Farm Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** To suit the new sales pattern of pear on internet, the effects of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on the shelf quality of little packaged Hosui pear were investigated. The results showed that the treatments of ethylene absorbent (PE+EA) and combination with CO<sub>2</sub> absorbent (PE+EA+CA) significantly alleviated the decrease of firmness and total soluble solid(TSS) content, reduced the increase of malonaldehyde, and inhibited the browning of fruit core compared with the control and PE packaged treatment, so the characteristic of taste was maintained. The effect of PE+EA+CA treatment was better, which might be due to the inhibition of respiratory rate. The treatment of the combination of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> can be used as an effective method of keeping the circulating and shelf quality of little packaged Hosui pear.

**Key words:** Hosui pear; ethylene absorbent; CO<sub>2</sub> absorbent; quality

收稿日期: 2016-03-28

基金项目: 江苏省农业科技自主创新基金项目[ CX(15)1023 ]

作者简介: 胡花丽(1980-), 女, 陕西渭南人, 硕士, 副研究员, 研究方向为果蔬保鲜。(E-mail) huhuali203@163.com

通讯作者: 赵江涛(1973-), (E-mail) zhjt@jaas.ac.cn

丰水梨(*Pyrus pyrifolia* Nakai. Housui)属于砂梨系统, 由于其综合品质优良, 现已成为中国主栽梨品种之一。但丰水梨的成熟期在 8 月中下旬, 此时正值高温季节, 果实在此温度下贮藏 7 d 左右即出现变软、褐变等品质劣变症状<sup>[1]</sup>, 这严重影响了果实的商品价值。因此, 延缓采后丰水梨的衰老已是生

产中备受关注的问題。近年来研究者也发展了一些防止丰水梨采后商品品质变劣的技术措施。例如:0.05%的溶菌酶涂膜处理显著降低了丰水梨果实采后的失重率、烂果率<sup>[2]</sup>;王志华等<sup>[3]</sup>的研究结果表明,-1℃冰温贮藏能使丰水梨的贮藏期延长至150 d左右;另外,适宜丰水梨贮藏的气体比例(10%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>)也已明确<sup>[4]</sup>。随着目前新鲜果蔬电子商务销售模式的盛行,小型、少量气调包装方式越来越受到消费者的青睐,这样可使果实在流通中、食用前均处于保鲜处理状态。然而值得注意的是,当丰水梨贮藏环境中的CO<sub>2</sub>浓度超过5%时可对果实产生伤害<sup>[4]</sup>。胡花雨等<sup>[1]</sup>研究发现CO<sub>2</sub>吸收剂可减缓采后货架期丰水梨品质的下降。另外,小包装气调处理可能促使果实所处微环境中乙烯的积累。闫根柱等<sup>[5]</sup>的研究结果显示,乙烯吸收剂可通过对环境乙烯的调控作用,抑制丰水梨果实的软化进程。然而在这种新型小包装模式下,何种剂量的乙烯、CO<sub>2</sub>吸收剂可调控采后丰水梨衰老进程尚不明确。因此,本研究以丰水梨为试验材料,分析了乙烯吸收剂和CO<sub>2</sub>吸收剂对采后丰水梨品质的影响规律,旨在建立适宜减缓采后流通、货架销售中丰水梨品质下降的保鲜技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

丰水梨果实采自江苏省农业科学院梨资源圃,果实采后立即运至实验室,选用成熟度基本一致、无病虫害的果实为试验材料。

### 1.2 试验设计

将梨果实按2个1组进行分组,每组果实依次装入带托盘的PE包装盒(21.0 cm×14.5 cm×8.0 cm),该PE材料的O<sub>2</sub>渗透系数为112.38 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·d·bar),CO<sub>2</sub>渗透系数为42.88 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·d·bar)。同时将10 g 乙烯吸收剂(EA)、10 g 乙烯吸收剂(EA)+3 g CO<sub>2</sub>吸收剂(CA)分别放入包装盒内,处理分别表示为PE+EA和PE+EA+CA,该EA和CA的使用量由预试验获得,不放任何吸收剂的处理表示为PE;然后由MAP机(YHHH360MAP机,由苏州亚和保鲜科技有限公司生产)进行密封包装。带孔包装盒包装的处理为CK。每处理包含50盒样品。乙烯吸收剂为成都依柯科技发展有限公司生产,CO<sub>2</sub>吸收剂购买于南京

寿德生物有限公司。所有果实置于25℃进行货架模拟。贮藏期间每隔2 d取样1次,每次取10盒样品用于相关指标分析。

### 1.3 测定方法

1.3.1 O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>体积分数 采用CYES-II氧/二氧化碳气体测定仪测定包装盒内O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>比例。

1.3.2 呼吸速率 采用文献[1]的方法测定呼吸速率。

1.3.3 果实硬度 用刀片在果实最大横径处切去1 cm<sup>2</sup>的果皮后,在去皮处用果实硬度计(意大利产,FT327型,探头直径11 mm)测定硬度。每次测定20个果实,去掉最大值和最小值后取平均值<sup>[6]</sup>。

1.3.4 失重率 采用称质量法测定失重率<sup>[7]</sup>。

1.3.5 可溶性固形物(TSS)含量 采用糖量计测定,每次测定20个果实,在果实最大横径处取样测定,去掉最大值和最小值后取平均值<sup>[8]</sup>。

1.3.6 丙二醛 参考文献[9]的方法测定丙二醛含量。

1.3.7 电子舌分析 称取50 g果肉,加入100 ml高纯水打浆,然后将匀浆在4℃10 000 g离心20 min后取80 ml上清液用于测定。电子舌参数<sup>[10]</sup>:分析时间180 s,采集时间120 s,传感器每秒采集1个数据,选取第120 s的响应值作为原始数据信号进行分析,冲洗时间10 s;每个样品平行测定5次,并进行主成分分析。

### 1.4 数据分析

所有数据为3次以上重复试验的平均值和标准误差;采用SPSS 20.0对数据进行差异显著性分析,数据处理间差异显著性检验采用Duncan's法( $P < 0.05$ );主成分分析采用Simca-P 11.5完成。

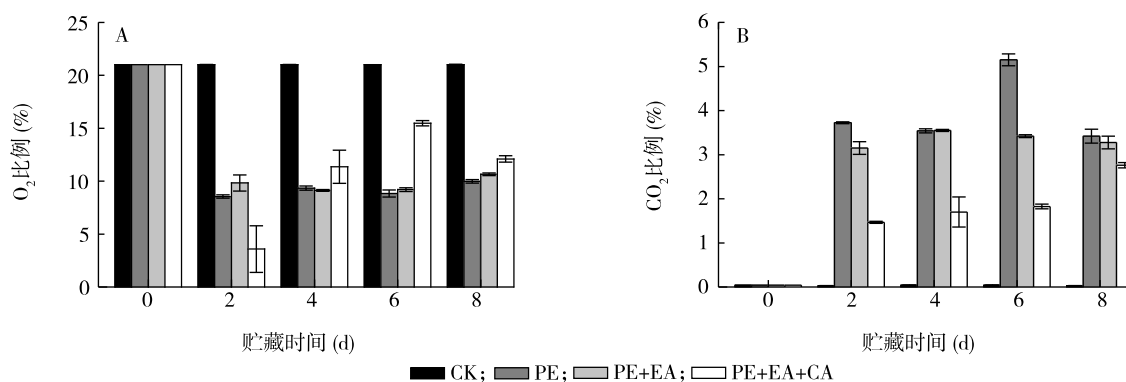
## 2 结果与分析

### 2.1 O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>体积分数及果实呼吸速率

由图1A可看出,在0~2 d,所有处理包装盒内O<sub>2</sub>比例均下降,其中下降最明显的是PE+EA+CA处理,说明果实的呼吸旺盛。在之后的贮藏过程中,PE和PE+EA处理果实的O<sub>2</sub>比例较接近,分别维持在8.8%~9.9%和9.1%~10.6%,但这二者的O<sub>2</sub>比例均显著低于PE+EA+CA处理(O<sub>2</sub>比例维持在11.3%~15.4%)( $P < 0.05$ ),这间接反映PE+EA+CA处理的果实呼吸速率较低。CO<sub>2</sub>比例的变化如图1B所示,可以看出,和O<sub>2</sub>比例的变化基本对应,

与 PE 和 PE+EA 处理相比,PE+EA+CA 处理维持了组织微环境内较低的 CO<sub>2</sub> 比例。整个贮藏期间 PE+EA+CA 处理的 CO<sub>2</sub> 比例维持在 1.4%~2.7%,然而 PE 和 PE+EA 处理的 CO<sub>2</sub> 比例分别维持在 3.5%~5.2%,3.1%~3.5%。不同处理中 CO<sub>2</sub> 水平的变化再次反映了 PE+EA+CA 处理可能降低了果实的呼

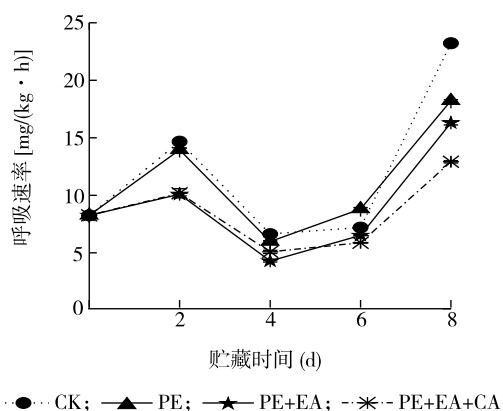
吸速率。为了验证这一结果,本研究进一步分析了不同处理对丰水梨呼吸速率的影响。结果表明,与 CK、PE 和 PE+EA 处理相比,PE+EA+CA 处理总体显著降低了货架期丰水梨果实的呼吸速率( $P < 0.05$ ) (图 2)。



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 1 不同处理包装盒内 O<sub>2</sub> (A)、CO<sub>2</sub> (B) 体积分数的变化

Fig.1 Changes of the concentrations of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in different packaging boxes



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

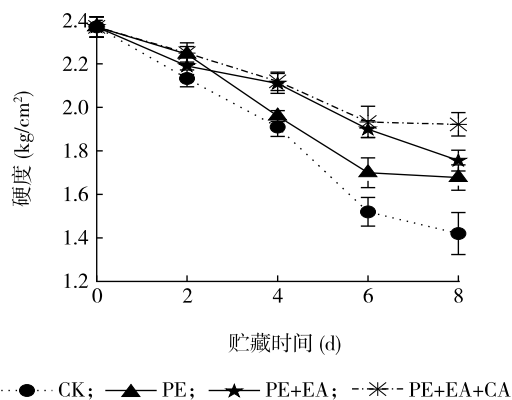
图 2 不同处理丰水梨果实呼吸速率的变化

Fig.2 Changes of the respiratory rate in different packaging boxes

## 2.2 果实硬度

硬度反映了采后果蔬品质特性的变化。由图 3 可看出,随着贮藏时间的延长,所有处理的果实硬度均不同程度下降,其中下降最明显的是对照,其次为 PE 处理;PE+EA 和 PE+EA+CA 处理则减缓了果实

硬度的下降,尤其是 PE+EA+CA 处理的减缓效果更明显。例如,与 0 d 相比,货架期 8 d 时,CK、PE、PE+EA 和 PE+EA+CA 处理果实的硬度分别下降了 40.1%、29.2%、25.9% 和 18.8%。这表明加入乙烯吸收剂和 CO<sub>2</sub> 吸收剂可延缓丰水梨果实的后熟进程,二者联合使用的效果更佳。



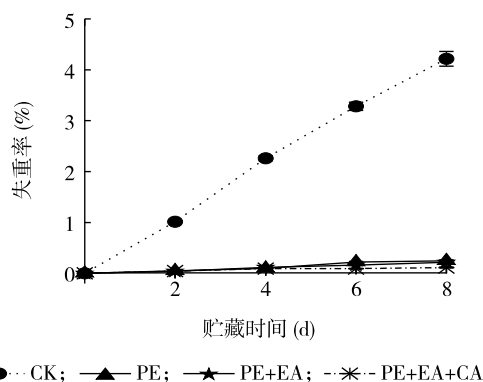
CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 3 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对丰水梨果实硬度的影响

Fig.3 Effect of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on firmness of Hosui pear

### 2.3 失重率

由图 4 可知,货架期间 PE、PE+EA 和 PE+EA+CA 处理果实均未发生明显的失重,说明薄膜包装有效阻止了水汽的扩散;相比而言,CK(未包装)果实的失重率随着货架时间的延长而不断增加。至货架期 8 d 时,CK 果实的失重率为 4.22%。



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub>吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 4 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对丰水梨果实失重率的影响

Fig.4 Effect of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on weight loss of Hosui pear

### 2.4 TSS 含量

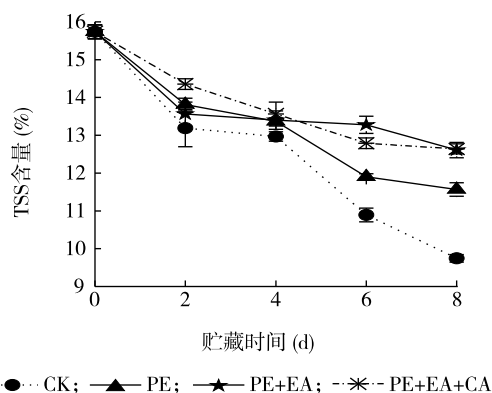
由图 5 可看出,刚采收丰水梨果实的 TSS 含量接近 16%,但随着货架时间的延长,所有处理果实的 TSS 含量均出现下降。货架期 8 d 时,CK、PE、PE+EA 和 PE+EA+CA 处理果实的 TSS 含量较初期分别下降了 5.99%、4.17%、3.13%和 3.10%。可见,PE+EA 和 PE+EA+CA 处理可维持果实较高的 TSS 含量( $P < 0.05$ ),这可能与衰老过程中其较低的呼吸速率有关。

### 2.5 MDA 含量

MDA 作为果蔬衰老过程中的另一标志指标,其含量随着贮藏时间的延长而增加。由图 6 可以看出,与对照相比,PE、PE+EA 和 PE+EA+CA 处理均减缓了丰水梨果实 MDA 含量的增加( $P < 0.05$ )。

### 2.6 电子舌数据的主成分分析及果实的感官表型

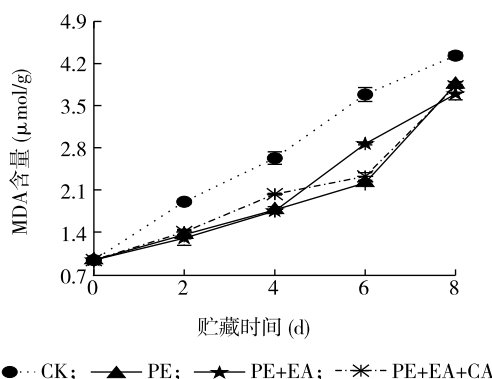
电子舌是一种仿生味觉模式建立起来的新型检测系统,可对果实的整体滋味进行评价。对贮藏 8 d 后果实样品进行电子舌分析,并对电子舌采集得到的数据进行主成分分析,结果如图 7 所示,第一主成分和第二主成分的贡献率分别为 82.8%和 10.9%,累计贡献率达到 93.7%,说明这 2 个主成分



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub>吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 5 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对丰水梨果实 TSS 含量的影响

Fig.5 Effect of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on total soluble solid (TSS) content of Hosui pear



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub>吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

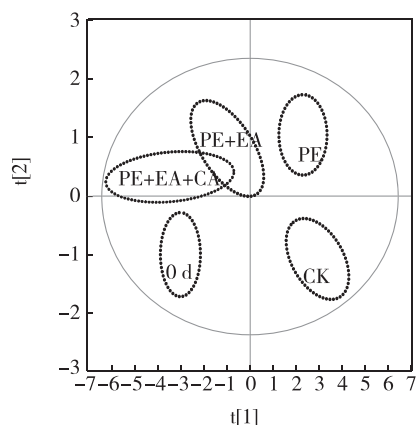
图 6 乙烯和 CO<sub>2</sub> 气体吸收剂对丰水梨果实 MDA 含量的影响

Fig.6 Effect of gas absorbing agent of ethylene and CO<sub>2</sub> on malonaldehyde (MDA) content of Hosui pear

已基本涵盖了原始数据的绝大部分信息。总体看来,5 组样品中,CK 和 PE 处理样品分布在右侧区域,且二者的数据相距较远,说明 PE 包装对丰水梨果实的滋味产生了影响;0 d 时 PE+EA+CA 和 PE+EA 处理样品的数据点均分布在左侧区域,且和 CK 数据的距离较远,说明 PE+EA+CA 和 PE+EA 这 2 组处理对丰水梨果实的滋味产生了影响。同时我们也注意到,货架期 8 d,丰水梨果实的果心开始出现褐变,其中 PE+EA+CA 和 PE+EA 处理抑制了果心组织的褐变(图 8)。结合电子舌数据的分析结果表



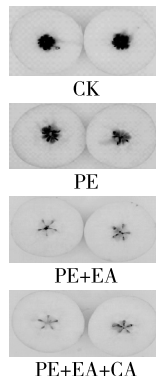
明,果实在表型上的这种变化可能对其滋味产生了影响。



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 7 不同处理丰水梨果实的电子舌数据主成分分析

Fig.7 Principal component analysis of e-tongue of Hosui pear under different treatments



CK:带孔包装盒包装处理;PE:不放任何吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA:放 10 g 乙烯吸收剂的 PE 包装盒包装处理;PE+EA+CA:放 10 g 乙烯吸收剂+3 g CO<sub>2</sub> 吸收剂的 PE 包装盒包装处理。

图 8 不同处理丰水梨果实心组织的褐变

Fig.8 The browning of fruit core of Hosui pear under different treatments

### 3 讨论

随着互联网+电子销售模式的出现,新鲜梨果实采后的流通保鲜面临巨大的挑战。各种采后因素可影响梨果实的生理代谢,其中气体成分是影响果

实褐变的一个重要因素。为了维持梨果实较好的商品品质,满足消费者对新鲜梨果实鲜态品质的需求,前期通过与互联网电商联合开发了适用于梨果实流通和货架销售的小包装模式,使采后梨果实在食用前尽可能地维持在气调保鲜状态。然而这种方式导致小包装内乙烯和 CO<sub>2</sub> 的积累,积累的 CO<sub>2</sub> 加速了梨果心的褐变。

鉴于此,在前期研究的基础上,本试验以丰水梨为试验对象,分析了乙烯吸收剂和 CO<sub>2</sub> 吸收剂对果实货架期 8 d 内品质的影响。结果显示,带孔包装盒内的梨果实(CK)出现了较明显的失重,且相关品质指标变化明显。例如,与 0 d 相比对照丰水梨果实的硬度、TSS 含量均出现大幅度的下降,同时衰老相关指标丙二醛(MDA)含量也显著高于其他处理,其果心组织也发生了明显的褐变,并且果肉的滋味品质也受到了影响。相比而言,PE、PE+EA 和 PE+EA+CA 处理均抑制了丰水梨采后失重率的增加。这 3 组处理中,PE+EA 和 PE+EA+CA 处理更好地减缓了丰水梨果实硬度、TSS 含量的下降,同时也抑制了丰水梨果心的褐变,其中 PE+EA+CA 处理的效果更理想,这可能与其抑制果蔬的呼吸速率进而维持小包装盒内较低的 CO<sub>2</sub> 比例有关。许多研究者也已报道采后梨果实的褐变先由果心开始,并且随着 CO<sub>2</sub> 浓度的增加而加重。例如:Deuchande 等<sup>[11]</sup>发现高浓度的 CO<sub>2</sub> 可诱导梨果实组织内部的褐变。Cheng 等<sup>[12]</sup>在鸭梨上的研究结果也表明,过量的 CO<sub>2</sub> 积累可促使果实果心组织褐变。这可能是因为梨果心致密的结构导致组织内积累的高浓度 CO<sub>2</sub> 无法及时得到扩散导致<sup>[13]</sup>。

可见,PE+EA+CA 处理可通过降低采后丰水梨果实的呼吸速率调节小包装微环境内的 CO<sub>2</sub> 积累,从而减缓果实硬度和 TSS 含量的下降,MDA 含量的增加及果心褐变的发生,进而维持丰水梨果实采后较好的品质。

### 参考文献:

- [1] 胡花丽,李鹏霞,王毓宁,等. CO<sub>2</sub> 吸收剂对丰水梨贮藏品质的影响[J]. 江西农业学报,2009,21(12):131-133.
- [2] 韩艳丽,张绍铃,吴俊,等. 溶菌酶对丰水梨果实贮藏保鲜效果的影响[J]. 果树学报,2008,25(4):537-541.
- [3] 王志华,丁丹丹,王文辉,等. 不同温度和 CO<sub>2</sub> 体积分数对丰水梨采后生理指标的影响[J]. 果树学报,2009,26(5):603-607.
- [4] 胡花丽,李鹏霞,王炜,等. 不同气体成分对丰水梨果实采后品质和耐贮性的影响[J]. 江苏农业学报,2010,26(2):400-

- 405.
- [5] 闫根柱,赵迎丽,王 亮,等. 乙烯吸收剂对丰水梨果实软化和细胞壁代谢的影响[J]. 中国农学通报,2013,29(19):170-174.
- [6] 李雪梅,王景涛,何近刚,等. 不同温度调节方式对‘五九香’梨贮藏效果的影响[J]. 食品科学,2013,34(12):308-311.
- [7] 蔺 经,杨青松,李晓刚,等. 不同套袋材料对翠冠梨贮藏期间果实生理及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2010,26(5):1043-1047.
- [8] RIZZOLO A, GRASSI M, VANOLI M. Influence of storage (time, temperature, atmosphere) on ripening, ethylene production and texture of 1-MCP treated ‘AbbeFétel’ pears[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 109:20-29.
- [9] 刘剑锋,张红艳,彭抒昂. 梨采后果实质地与  $\text{Ca}^{2+}$ 、果胶、丙二醛、乙烯动态的关系[J]. 华中农业大学学报,2003,22(3):270-273.
- [10] HU H L, LI P X, WANG Y N, et al. Hydrogen-rich water delays postharvest ripening and senescence of kiwifruit[J]. *Food Chemistry*, 2014, 156(11):100-109.
- [11] DEUCHANDE T, FIDALGO F, VASCONCELOS M, et al. Internal browning disorders in ‘Rocha’ pear stored under high  $\text{CO}_2$  atmospheres are triggered by oxidative stress[J]. *Acta Horticulturae*, 2015, 2(1071):771-778.
- [12] CHENG Y D, LIU L Q, ZHAO G Q, et al. The Effects of modified atmosphere packaging on core browning and the expression patterns of PPO and PAL genes in ‘Yali’ pears during cold storage[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 60(2):1243-1248.
- [13] PINTO E, LENTHERIC I, VENDRELL M, et al. Role of fermentative and antioxidant metabolisms in the induction of core browning in controlled-atmosphere stored pears[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81(3):364-370.

(责任编辑:陈海霞)