

气调对无花果采后品质及活性氧代谢的影响

马佳佳 陆皓茜 隋思瑶 王毓宁*

(苏州市农业科学院 江苏 苏州 215155)

摘要:为研究气调对无花果采后品质及活性氧代谢的影响,以“波姬红”无花果为试材,在(25±0.5)℃和(72±0.5)%相对湿度的环境条件下,以空气为对照,研究4种不同比例气体成分CA1(4%O₂+8%CO₂)、CA2(4%O₂+12%CO₂)、CA3(8%O₂+8%CO₂)、CA4(8%O₂+12%CO₂)对无花果色差、硬度、咀嚼性、果胶含量、过氧化氢(H₂O₂)与超氧阴离子含量及过氧化氢酶(CAT)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响。结果表明,气调处理不同程度地延缓无花果外观色泽的变化,减缓硬度和咀嚼性的下降,较好地保持了原果胶含量,抑制了可溶性果胶含量的上升,并维持较高的CAT、APX与SOD活性,保持较低的H₂O₂与超氧阴离子含量。其中8%O₂与12%CO₂的气调处理效果最佳。

关键词:无花果;气调;品质;活性氧

Influence of Controlled Atmosphere on Postharvest Quality and Active Oxygen Metabolism of Fig Fruit

MA Jia-jia, LU Hao-qian, SUI Si-yao, WANG Yu-ning*

(Suzhou Academy of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China)

Abstract: To investigate the influence of controlled atmosphere on postharvest quality and active oxygen metabolism of fig fruit, ‘Bokiy red’ fig was used as test materials, the effect of four different gas compositions [CA1 (4%O₂+8%CO₂), CA2 (4%O₂+12%CO₂), CA3 (8%O₂+8%CO₂), CA4 (8%O₂+12%CO₂)] on the color difference, hardness, chewiness, pectin content, hydrogen peroxide (H₂O₂) and superoxide anion contents, catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and superoxide dismutase (SOD) activities of fig stored at (25±0.5) °C and (72±0.5)% relative humidity were investigated, with air condition as control. The results showed that, the different CA treatments delayed the change of appearance color, slowed down the decrease of hardness and chewiness of figs, maintained well the content of original pectin, and inhibited the increases of soluble pectin content, in addition, maintain the higher activities of SOD, APX and CAT, and keep the lower H₂O₂ and superoxide anion content. The controlled atmosphere of 8%O₂ and 12%CO₂ had the best preservation effect for fig fruit.

Key words: fig; controlled atmosphere; quality; active oxygen

中图分类号:S663.3

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2019.05.011

无花果(*Ficus carica* L.)皮薄无核,肉质松软,风味甘甜,富含维生素、矿物质、脂肪等,是钙和纤维素

含量最高的果品之一。无花果还富含黄酮、多糖、超氧化物歧化酶和呋喃香豆素内酯等多种生理活性物质,

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(17)3029) 苏州市农业科学院资助项目(8111701)

作者简介:马佳佳(1989—),女,汉族,硕士,助理研究员,研究方向:农产品保鲜与加工。

*通讯作者:王毓宁,硕士,副研究员,研究方向:果蔬保鲜与加工。

是一种老少皆宜的新型食疗保健水果^[1]。无花果不仅具有抗氧化、抗病毒、抗菌、防癌等作用,还具有降血糖、降低血胆固醇和抗蠕虫的功效^[2-3],素有“水果皇后”和“生命之果”的美誉^[1]。

近20多年来,我国无花果产业发展迅速。作为保健水果的特色代表,无花果国内消费市场前景广阔^[1]。但无花果鲜果成熟衰老快,易腐烂,保存性差,贮藏、运输困难,通常只能制成干果,从而降低了果实的风味和营养价值^[2,4]。鲜食的无花果货架期短,严重影响无花果销售及流通,制约产业的发展。气调处理通过控制果蔬环境气体参数,从而有效调节果蔬的衰老与腐败进程,延长果实贮藏期和货架寿命,在绿芦笋^[5]、双孢蘑菇^[6]、蓝莓^[7]、甜樱桃^[8]等多种果蔬保鲜中具有明显效果。

关于无花果的气调保鲜技术研究,国内外已有一些文献报道。赵伟君^[9]研究表明,“麦斯衣陶芬”无花果在0℃下以2%~5%的氧处理,其生理和品质要优于5%~8%的氧处理。Bahara等^[10]发现,巴西无花果在0℃贮藏30d后,在O₂/CO₂分压为5/5kPa时其货架期硬度和果实完整性较好。Colelli等^[11]认为,气调包装袋内的O₂和CO₂分别控制在5%~10%和15%~20%时最有利于无花果的贮藏保鲜。Villalobosa等^[12]发现,采用孔径100μm的微孔膜能明显延迟西班牙两种无花果在冷藏和货架期的总挥发性物质的变化,而且挥发性成分与无花果品种相关。Watkins^[13]认为,无花果在O₂低于2%、CO₂高于25%的气体环境里会失去无花果的香气。以上研究多基于气调对无花果果实品质的影响,关于采后常温下的气调处理对无花果果胶含量与活性氧代谢的影响尚未见相关报道。

无花果的耐贮性与品种有很大的关系。“波姬红”无花果在1998年由美国德克萨斯州引入我国,植株耐寒并且丰产,适合广泛种植。夏果在7月下旬成熟,秋果于10月中下旬成熟^[9]。本课题组已对无花果气调条件进行了初步筛选,结果为O₂在3%~9%、CO₂在7%~13%时,无花果的失重率和呼吸速率低、可溶性固形物含量高、质地特性较好。基于前期试验基础,本研究以空气为对照,在(25±0.5)℃、相对湿度(72±0.5)%的环境条件下,采用4种气体成分CA1(4%O₂+8%CO₂)、CA2(4%O₂+12%CO₂)、CA3(8%O₂+8%CO₂)、CA4(8%O₂+12%CO₂)对常温下的“波姬红”无花果进行处理,研究不同气体成分下果实品质及活性氧含量与清除酶活性之间的关系,筛选出适宜无花果采后常温贮藏的气体比例,以期对无花果自发气调包装设计提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

“波姬红”无花果,采自江苏省苏州市吴江区,采后2h内运回实验室。选取外观完整、成熟度一致(八成成熟)、无病虫害、无损伤的无花果作为试验材料。

无水乙醇、半乳糖醛酸、浓硫酸、吡啶、丙酮、浓盐酸、四氯化钛、浓氨水、过氧化氢、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、对氨基苯甲酸、 α -萘胺、盐酸羟胺、KNO₃、抗坏血酸、乙二醇四乙酸二钠、聚乙烯吡咯烷酮、甲硫氨酸、氮蓝四唑、核黄素等均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备

CR-400型色差仪,日本柯尼卡美能达公司;TU-1810型紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;TMS-PRO质构仪,美国FTC公司;TGL-16M型冷冻离心机,湖南湘仪实验仪器开发有限公司。

1.2 方法

1.2.1 气调装置的组建

该装置由8L气瓶、气体流量计、气体管路(含接头)、保鲜盒等组成。气瓶中含三元混配气体(分别是CO₂、O₂、N₂)。气体流量计规格为250mL,通气后流速维持在150mL·min⁻¹,1h后建立起气调条件,气体流速降至60mL·min⁻¹。气体管路由外径10cm的PU气管组成。每个混配气体比例设置3个平行,通过四通接头分别连接气瓶和三个保鲜盒(29.5cm×23cm×11.8cm,5.5L)。在保鲜盒纵向两侧分别打孔,在一侧离底端2cm处(进气口)安装气孔塞,并与PU气管联接;另一侧离底端6cm(出气口),直接与大气相通。

1.2.2 果实处理

将采摘后的无花果鲜果在干净的托盘中单层摊开,监测果实中心温度与环境温度一致时,将无花果果实单层平铺于保鲜盒底部的置物架上,每个盒子装18个果,共设3个重复。在(25±0.5)℃、相对湿度(72±0.5)%的环境条件下,采用4种气体成分CA1(4%O₂+8%CO₂)、CA2(4%O₂+12%CO₂)、CA3(8%O₂+8%CO₂)、CA4(8%O₂+12%CO₂)对无花果进行处理,以空气为对照。

常温下无花果的货架期只有2d,本试验选择5d,每2d检测1次无花果色泽、硬度、果胶含量、活性氧成分及抗氧化酶活性等指标。

1.2.3 测定指标与方法

1.2.3.1 外观色泽

使用色差仪采集果实内侧点的 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 分别表示亮度、红绿、黄蓝数值, ΔE 表示贮藏期样品与刚采收样品之间色泽的差值, 计算公式为:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

1.2.3.2 硬度和咀嚼性

参考吴桂芳等^[14]的方法, 使用质构仪测定, 测力范围 25 N, 测试模式: TPA(Texture Profile Analysis), 测试速度 $30 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, 形变量 50%, 初始力为 0.1 N。

1.2.3.3 原果胶和可溶性果胶含量

参考王磊^[15]和曹建康等^[16]的方法测定, 结果以%计。

1.2.3.4 活性氧含量

过氧化氢(H_2O_2)含量: 参考邓雨艳等^[17]的方法测定, 结果以 $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ 计; 超氧阴离子含量: 参考王爱国等^[18]的方法测定, 结果以 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

1.2.3.5 酶活性

过氧化氢酶(CAT)活性: 参考邓雨艳等^[17]的方法测定, 以每分钟反应体系在 240 nm 波长处吸光值变化 0.01 为 1 个酶活力单位, 结果以 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示; 抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性: 参考邓雨艳等^[17]的方法测定, 以每分钟反应体系在 290 nm 波长处吸光值变化 0.01 定义为 1 个酶活力单位, 结果以 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示; 超氧化物歧化酶(SOD)活性: 参考芮怀瑾等^[19]和廖亮等^[20]的方法测定, 结果以 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 表示。

1.2.4 数据处理

所有试验数据采用 Excel 处理和作图, 运用 SAS9.4 进行单因素方差分析。

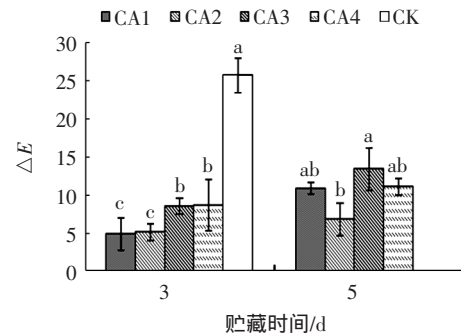
2 结果与分析

2.1 不同气体成分对无花果果实色差的影响

色泽是辨识果实品质的主要依据之一。在无花果成熟衰老过程中最明显的变化是外观色泽, 表现为果皮颜色由浅紫转深紫。由图 1 所知, 在第 3 天时, 空气对照组的无花果色差 ΔE 显著高于气调组 ($P < 0.05$)。到第 5 天时空气对照组已经严重腐烂, 无法进行指标测定(下同)。此时, CA2 的色差 ΔE 显著低于 CA3 ($P < 0.05$)。

2.2 不同气体成分对无花果果实硬度与咀嚼性的影响

硬度是衡量果实贮藏效果的重要指标之一, 它反映了果肉的整体致密程度和坚实程度^[5]。随着贮藏过程中果实水分的散失和衰老过程的加剧, 果实的硬度会下降^[4]。不同比例气体对无花果硬度和咀嚼性的影响如图 2 所示。在第 3 天, 气调组的果实咀嚼性显著



注: 相同贮藏时间, 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 以下各图同。

图 1 气调处理后无花果果实 ΔE 的变化

Fig.1 Changes of appearance chromatic aberration of fig fruit with controlled atmosphere treatment

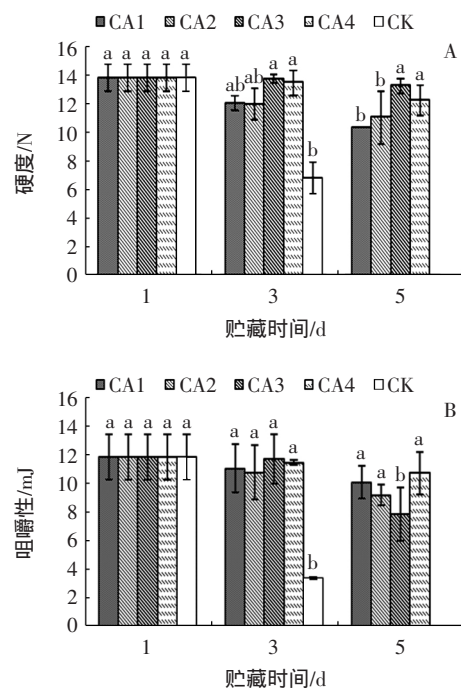


图 2 气调处理后无花果果实硬度(A)与咀嚼性(B)的变化
Fig.2 Changes of hardness(A) and chewiness(B) of fig fruit with controlled atmosphere treatment

高于空气对照组 ($P < 0.05$), 在硬度方面 CA3 和 CA4 显著高于空气对照组 ($P < 0.05$), 其中 CA3 的硬度、咀嚼性最高, 分别为 13.69 N 和 11.67 mJ, 而空气对照组的果实硬度、咀嚼性最低, 分别为 6.78 N 和 3.41 mJ。贮藏至第 5 天, CA3 与 CA4 的果实硬度(图 2A)显著高于 CA1、CA2 ($P < 0.05$), CA1、CA2、CA4 的果实咀嚼性(图 2B)显著高于 CA3 ($P < 0.05$), 此时, CA1、CA2、CA3 的硬度与咀嚼性的变化呈现相反的规律。由于咀嚼性在数值上等于硬度、弹性、凝聚性的乘积, CA1、CA2、CA3 的果实更多表现出弹性和凝聚性的

性质^[18]。

2.3 不同气体成分对无花果果实原果胶与可溶性果胶含量的影响

原果胶是一种非水溶性物质, 能使果实坚实、脆硬。随着果实成熟和衰老, 原果胶逐渐转化为易溶于水的果胶, 果实变得松弛、软化, 硬度下降^[15]。图 3A 显示, 第 3 天时, 气调组的原果胶含量显著高于空气对照组($P < 0.05$), 前者下降率在 18%~20%, 后者下降率为 38%; 第 5 天时, CA4 的原果胶含量显著高于其他气调组($P < 0.05$)。由图 3B 可知, 第 3 天时, 气调组的可溶性果胶含量显著低于空气对照组($P < 0.05$), 前者上升率在 7%~17%, 后者上升率为 35%; 第 5 天时, CA4 的可溶性果胶含量显著低于 CA1($P < 0.05$)。气调处理可以有效抑制原果胶的损失和可溶性果胶含量的上升。

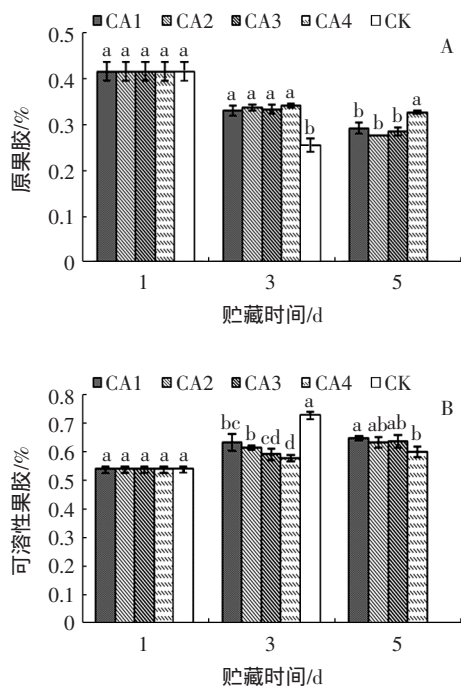


图 3 气调处理后无花果果实原果胶(A)与可溶性果胶含量(B)的变化

Fig.3 Changes of original pectin(A) and soluble pectin(B) content of fig fruit with controlled atmosphere treatment

2.4 不同气体成分对无花果果实过氧化氢与超氧阴离子含量的影响

无花果果实在气调下的活性氧含量变化如图 4 所示。在第 3 天时, 空气对照组的过氧化氢 H_2O_2 (图 4A) 与超氧阴离子 (图 4B) 含量显著高于气调组 ($P < 0.05$)。气调组的果实 H_2O_2 和超氧阴离子含量上升较为缓慢, 可能与其保持较高的活性氧清除酶活性有关系。果实在整个贮藏过程中, CA2 和 CA4 的 H_2O_2 和

超氧阴离子含量相对较低, CA4 表现得更为明显。

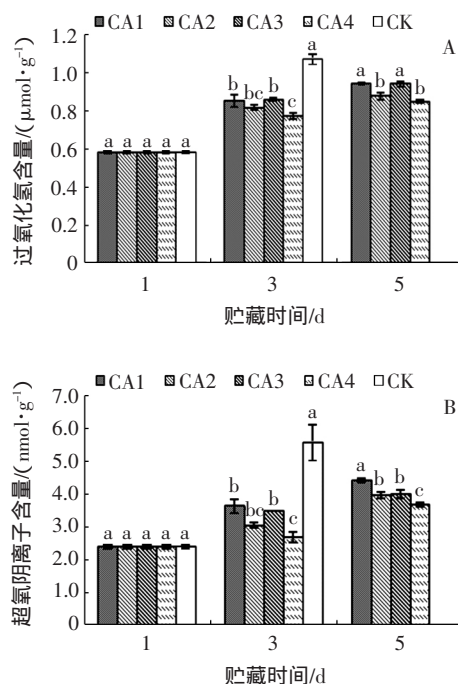


图 4 气调处理后无花果果实过氧化氢(A)与超氧阴离子(B)含量的变化

Fig.4 Changes of hydrogen peroxide(A) and superoxide radical(B) contents of fig fruit with controlled atmosphere treatment

2.5 不同气体成分对无花果果实过氧化氢酶、抗坏血酸过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性的影响

CAT、APX 和 SOD 是果蔬组织中清除活性氧的三大主要酶类, SOD 专一地将超氧阴离子歧化形成 H_2O_2 , CAT 催化 H_2O_2 转化成 H_2O 和分子氧, APX 则通过抗坏血酸-谷胱甘肽循环催化 H_2O_2 与抗坏血酸反应从而清除 H_2O_2 。如果组织内活性氧的产生与消除之间的平衡遭到破坏, 将对细胞膜系统产生氧化损害^[20-21]。图 5 显示, 随着贮藏时间延长, 无花果果实 CAT (图 5A) 和 APX (图 5B) 活性呈现先增加后降低趋势, SOD (图 5C) 活性缓慢降低。第 3 天时, 气调组的 APX 和 SOD 活性显著高于空气对照组 ($P < 0.05$)。除 CA1 外, 其余气调组的 CAT 活性显著高于空气对照组 ($P < 0.05$); 不同气体处理的果实 SOD 活性差异不显著 ($P > 0.05$), CA4 的 CAT 活性显著高于其他气调组 ($P < 0.05$), APX 活性显著高于 CA2 ($P < 0.05$)。第 5 天时, CA4 气调组中 CAT、APX 和 SOD 的活性较高。

3 讨论

无花果的采后品质和货架期与其呼吸强度、乙烯释放量、活性氧积累以及膜透性等因素相关, 所以保鲜的关键是降低其呼吸强度、乙烯释放量以及活性氧

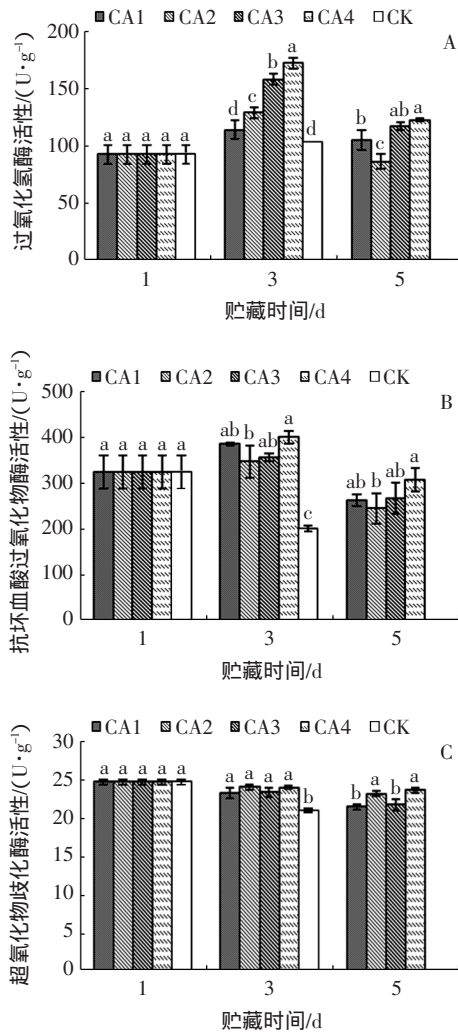


图5 气调处理后无花果果实过氧化氢酶(A)、抗坏血酸过氧化物酶(B)与超氧化物歧化酶(C)活性的变化

Fig.5 Changes of CAT(A), APX(B) and SOD(C) activities of fig fruit with controlled atmosphere treatment

的破坏作用^[22]。气调处理可以控制果蔬以较低的呼吸速率维持生命正常的代谢过程,减少果蔬中营养物质的损耗,抑制果蔬叶绿素和其他色素的降解,保持果蔬优良风味和芳香气味^[23]。与CA相比,MAP更符合贮藏环节生产实际,也更有利于普通贮藏企业进行规模化应用,因此对无花果进行气体比例筛选对自发气调包装的实施具有重要的参考意义。

无花果外观色差的变化最能体现果实成熟衰老的进程。气调处理后果实的色泽变化相对缓慢,这与韩璐^[24]采用1-MCP常温处理无花果的结果一致。Bahar等^[10]认为5 kPa的O₂和CO₂的气体环境能保持无花果果实具有商品性时的典型色泽。

TPA测定的质地特性主要反映果实的感官品质。硬度和咀嚼性两个指标在无花果贮藏期的变化较为明显,而硬度与原果胶及可溶性果胶含量之间存在关

联性。气调处理的果实硬度相对于空气对照组下降缓慢,但果实的咀嚼性因气体环境、贮藏时间不同,受到硬度、弹性和凝聚性等主导因素影响而表现出很大的差异,更多地表现出弹性和凝聚性的性质^[18]。果蔬贮藏过程中原果胶逐步降解、可溶性果胶持续增加,CA4气调处理明显减少了原果胶的损失,主要是原果胶降解起关键作用的水解酶(多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PE))活性受到抑制。王磊^[15]也表明了贮藏过程中,环境对无花果的PE活性影响很大。

分析果实活性氧成分、含量与抗氧化酶活性之间的关系是评价气调对果实采后保鲜效果的重要依据。超氧阴离子是产生H₂O₂的前体物质,果蔬体内H₂O₂的积累可以直接或间接地导致细胞膜脂质过氧化损害,加速细胞的衰老和解体,因此需要延缓超氧阴离子产生速率,降低H₂O₂含量^[15]。保持低水平活性氧含量,维持其代谢平衡是抑制果实衰老的关键环节。果实衰老过程中氧化胁迫的上升会激活抗氧化系统。千春录等^[25]得出1-MCP处理和MA贮藏都能保持猕猴桃较高SOD活性,抑制果实APX和CAT活性下降,而且APX和CAT活性都有初期下降后期再上升的趋势。本研究中无花果的SOD、CAT、APX活性相对于空气对照保持较高的活性,但CAT、APX没有表现出初期下降的趋势,可能的原因一是常温下第3d错过了抗氧化酶下降的变化,直接出现活性高峰值,这与叶文斌^[26]对无花果进行涂膜常温贮藏第3天出现小高峰表现一致;二是抗氧化系统在激活过程中酶的反应次序存在差异。气调处理的无花果贮藏期间SOD、POD、APX与CK相比,表现出较高的活性,说明气调处理明显提高抗氧化能力,减少活性氧积累和果实衰老进程,其中CK4的保鲜效果最为突出。

4 结论

在(25±0.5)°C、(72±0.5)%RH的环境条件下,不同气体环境能够不同程度地延缓无花果果实外观色泽的变化,减少硬度和咀嚼性的下降,较好地保持了原果胶含量,抑制可溶性果胶含量的持续上升,保持较低的H₂O₂与超氧阴离子含量,维持较高的CAT、APX与SOD活性。其中O₂ 8%与CO₂ 12%的气调处理对无花果果实的感官特性、生理品质的维持和抗氧化能力的提高都具有明显的促进作用。

参考文献:

- [1] 李元会. 1-MCP及壳聚糖处理对无花果贮藏品质及生理的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.

- [2] 严圆,柳宁,张云,等.‘玛斯义·陶芬’无花果冷藏期代谢特性及对不同保鲜处理的反应[J].食品研究与开发,2015,36(17):159-163.DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2015.17.040.
- [3] 张雪丹,安森,张倩,等.无花果采后生理和贮藏保鲜研究进展[J].食品科学,2013,34(23):363-369.DOI:10.7506/spkx1002-6630-201323072.
- [4] 滑艳稳,申亚倩,安永超.不同保鲜薄膜对无花果保鲜性能的比较研究[J].包装学报,2014,6(2):6-11.DOI:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.02.002.
- [5] 刘红艳,张雷刚,胡花丽,等.气调处理对绿芦笋抗氧化及抗病酶活性的影响[J].核农学报,2017,31(6):1119-1127.DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2017.06.1119.
- [6] 孙涵.高氧动态气调对双孢蘑菇采后生理及品质的影响[D].淄博:山东理工大学,2017.
- [7] 司琦,胡文忠,姜爱丽,等.动态气调贮藏对蓝莓采后生理代谢品质的影响[J].包装工程,2017,38(17):13-18.DOI:CNKI:SUN:BZGC.0.2017-17-004.
- [8] 姜爱丽,何煜波,兰鑫哲,等.动态气调贮藏对甜樱桃果实采后生理、品质和耐藏性的影响[J].食品工业科技,2011,32(6):354-357.
- [9] 赵伟君.不同气调条件及臭氧处理对无花果贮藏生理及品质的影响[D].保定:河北农业大学,2015.
- [10] BAHAR A, LICHTER A. Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 227: 196-201. DOI:10.1016/j.scienta.2017.09.036.
- [11] COLELLI G, MITCHELL F G, KADER A A. Extension of postharvest life of ‘Mission’ figs by CO₂-enriched atmospheres[J]. Hort Science, 1991, 26(9): 1193-1195. DOI: 10.21273/HORTSCI.26.9.1193.
- [12] VILLOBOS M C, SERRADILLA M J, MARTINA A, et al. Influence of modified atmosphere packaging (MAP) on aroma quality of figs (*Ficus carica* L.)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 136: 145-151. DOI:10.1016/j.postharvbio.2017.11.001.
- [13] WATKINS C B. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging[J]. Hort Technology, 2000, 10(3): 501-506. DOI: 10.21273/HORTTECH.10.3.501.
- [14] 吴桂芳,姜伟,王春光,等.基于TPA和Vis/NIR的番茄货架期的品质检测[J].现代食品科技,2015,31(6):290-294.DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.6.046.
- [15] 王磊.无花果采后生理变化及其影响因素研究[D].保定:河北农业大学,2012.
- [16] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化试验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:84-92.
- [17] 邓雨艳,明建,张昭其,等.壳聚糖诱导脐橙果实抗病性、水杨酸及活性氧代谢变化[J].中国农业科学,2010,43(4):812-820.DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2010.04.019.
- [18] 王爱国,罗广华.植物的超氧物自由基与羟胺反应的定量关系[J].植物生理学通讯,1990(6):55-57.
- [19] 芮怀瑾,尚海涛,汪开拓,等.热处理对冷藏枇杷果实活性氧代谢和木质化的影响[J].食品科学,2009,30(14):304-308.DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.14.068.
- [20] 廖亮,李瑾瑜,马红艳,等.贮藏温度和成熟度对新疆早黄无花果采后生理的影响[J].核农学报,2016,30(2):282-287.DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2016.02.0282.
- [21] 金鹏,吕慕雯,孙萃萃,等.MeJA与低温预贮对枇杷冷害和活性氧代谢的影响[J].园艺学报,2012,39(3):461-468.
- [22] 应铁进,傅红霞,程文虹.钙和热激处理对无花果的采后生理效应和保鲜效果[J].食品科学,2003,24(7):149-152.DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2003.07.037.
- [23] 马佳佳,王毓宁,隋思瑶,等.气调贮藏对金针菜外观色泽和营养品质的影响[J].食品工业科技,2017,38(9):339-342.DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.09.057.
- [24] 韩璐.不同保鲜处理对无花果不同流通过程中品质变化的影响[D].保定:河北农业大学,2013.
- [25] 千春录,殷建东,王利斌,等.1-甲基环丙烯和自发气调对猕猴桃品质及活性氧代谢的影响[J].食品科学,2018,39(11):233-240.DOI:10.7506/spkx1002-6630-201811037.
- [26] 叶文斌.葫芦巴胶与中草药纹党可食用复合膜对无花果常温贮藏的影响[J].西北农业学报,2014,23(8):160-166.DOI:10.7606/j.issn.1004-1389.2014.08.026.

收稿日期 2018-10-14