

# 臭氧与海藻酸钠涂膜对葡萄的保鲜效果 及其贮藏生理特性的影响

齐馨, 杨晨茜, 徐乐艺, 郭宇欢, 何玲\*

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西杨陵 712100)

**摘要:**以采后“红地球”葡萄果实为试材, 分别设置对照(CK)、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理( $\text{O}_3$ )、0.3%海藻酸钠涂膜处理(M)、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧+0.3%海藻酸钠涂膜处理( $\text{O}_3$ +M), 在( $0\pm 0.5$ )  $^{\circ}\text{C}$  条件下贮藏, 通过测定贮藏过程中葡萄可溶性固形物含量、可滴定酸含量、呼吸强度、硬度、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、几丁质酶(CHI)、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶(GLU)的活性以及膜脂过氧化物物质丙二醛(MDA)和总酚含量等的变化, 统计果实失重率与腐烂率情况, 观察各处理对葡萄保鲜效果的影响。结果表明: 与对照相比, 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理、0.3%海藻酸钠涂膜及 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧+0.3%海藻酸钠涂膜复合处理均能显著降低葡萄果实的失重率和腐烂率, 抑制葡萄果实的呼吸上升, 延缓硬度下降, 提高果实抗性相关酶(POD、SOD、GLU、CHI)的活性, 减少膜脂的过氧化程度, 延缓果实总酚含量下降, 有效改善葡萄的贮藏品质, 并以 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧+0.3%海藻酸钠涂膜复合处理对葡萄果实保鲜效果最佳。

**关键词:** 葡萄; 臭氧; 海藻酸钠; 贮藏品质; 抗性相关酶

中图分类号: Q945.6<sup>+</sup>6; S663.1

文献标志码: A

## Effect of Ozone Treatment with and without Sodium Alginate Coatings on Preservation and Resistance Index of Grape Fruits

QI Xin, YANG Chenxi, XU Leyi, GUO Yuhuan, HE Ling\*

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Using postharvest “Red global” grapes as the material, we investigated the effect of four different treatments of control, 250  $\mu\text{L/L}$  ozone, 0.3% coatings and the combination of 250  $\mu\text{L/L}$  ozone and 0.3% coatings on the storage property of grapes. Through the determination of the soluble solids, titratable acid, respiration intensity, hardness, peroxidase(POD), superoxide dismutase (SOD),  $\beta$ -1,3-glucanase (GLU), chitinase(CHI), malondialdehyde(MDA), total phenol, statistical weight loss and decay. The results showed that the weight loss rate and rot rate of 250  $\mu\text{L/L}$  ozone, 0.3% coatings and the combination of 250  $\mu\text{L/L}$  ozone and 0.3% coatings was reduced, the activities of POD, SOD, CHI, GLU was promoted, MDA content was decreased and the drop of the total phenol was delayed compared with control group. In conclusion, the combination of 250  $\mu\text{L/L}$  ozone and 0.3% sodium alginate coatings had the best result.

**Key words:** grape fruits; ozone; sodium alginate; storage quality; resistance related enzymes

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是世界四大水果之一, 其产量和种植面积居第二位<sup>[1]</sup>, 年产量近 2 110 万

收稿日期: 2016-08-11; 修改稿收到日期: 2016-12-08

基金项目: 杨凌示范区科技计划(2014NY-44)

作者简介: 齐馨(1991—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。E-mail: 873274665@qq.com

\* 通信作者: 何玲, 副教授, 主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。E-mail: heliurui@nwsuaf.edu.cn

吨<sup>[2]</sup>。葡萄浆果含有大量的糖、有机酸、蛋白质、矿物质及维生素等多种营养物质<sup>[3]</sup>,但是葡萄在贮运过程中极易变质长菌,这成为制约葡萄贮藏保鲜的重要因素。目前市场上贮藏保鲜多使用化学防腐剂,虽然其贮藏保鲜效果显著,但易残留,对消费者身体健康不利。臭氧是一种强氧化剂<sup>[4]</sup>,具有无残留<sup>[5]</sup>的优点,能氧化分解果蔬储藏过程中产生的有害气体,如乙烯<sup>[6]</sup>、乙醇、乙醛等,还可以延缓果蔬后熟过程,抑制品质下降<sup>[3,7]</sup>。同时,臭氧能在很短时间内杀死果蔬贮藏过程中的大多数病原微生物<sup>[8]</sup>。此外,臭氧能降解果蔬表面农药残留<sup>[9]</sup>,诱导果蔬产生抗病性<sup>[10]</sup>。海藻酸钠(sodium alginate)是从海带菌类藻类植物中提取的天然多糖类化合物,因亲水基团的作用,使其对水分子具有很强的作用力,形成一层致密的膜,阻止了细胞内外物质的传递和菌体对营养物质的吸收,致使菌体新陈代谢紊乱,无法生长<sup>[11]</sup>。前人研究发现,150 mg/m<sup>3</sup> 臭氧处理对枇杷的保鲜效果显著<sup>[12]</sup>,以 6.42 mg/cm<sup>3</sup> 臭氧质量浓度处理 15 min 可使鲜切青椒保持良好品质<sup>[5]</sup>;另外,海藻酸钠在芒果<sup>[13]</sup>和 马陆葡萄<sup>[14]</sup> 保鲜,臭氧在巨峰葡萄<sup>[15]</sup>、磨盘柿<sup>[16]</sup>、金弹金柑<sup>[17]</sup> 保鲜方面也均有研究,但将海藻酸钠涂膜与臭氧结合处理的果蔬贮藏保鲜研究尚少有报道。因此,本试验以“红地球”葡萄为试验材料,采用臭氧处理与海藻酸钠涂膜结合处理,探索它们对葡萄贮藏效果及相关生理生化指标的影响,以期为该技术应用于葡萄的贮藏保鲜提供理论依据。

# 1 材料和方法

## 1.1 材料、试剂和仪器

供试葡萄品种为“红地球”,2015 年 9 月 13 日采于陕西新集村一管理良好的果园,并于当日运回实验室,0 ℃冷库贮藏。试剂包括:EDTA,EDTA-Na<sub>2</sub>,PVP,TritonX-100,磷酸二氢钾,磷酸氢二钾,愈创木酚,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,冰醋酸,乙酸钠,β-巯基乙醇,几丁质,蜗牛酶,四硼酸钾,对二氨基苯甲醛(DMAB),昆布多糖,3,5-二硝基水杨酸(DNS),N-乙酰葡萄糖胺,L-抗坏血酸,DTT,MET(蛋氨酸),NBT(氮蓝四唑),核黄素,福林酚和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。仪器包括:臭氧发生器(15 g/h),恒温机械冷库,海尔 BD-11D 型冰箱,HHW-21CU-600 型恒温水浴锅,DC1212 型高速冷冻离心机,atago A410630 葡萄专用糖酸一体机,GY-1 型水果专用硬度计,UV2002 型紫外可见分光光度计和 Telaire7001 红外 CO<sub>2</sub> 分析仪。

## 1.2 试验处理

先通过不同浓度臭氧、海藻酸钠溶液对葡萄单独处理预试验,筛选出最佳臭氧浓度为 250 μL/L,最佳海藻酸钠浓度为 0.3%。试验共设置 4 个处理。(1)对照(CK):将葡萄直接装入 PE(30 μm)保鲜袋内,每袋装 5 kg;(2)海藻酸钠涂膜处理(M):将葡萄浸泡在 0.3%海藻酸钠溶液中 2 min,再充分晾干,装入 PE 保鲜袋内,每袋 5 kg;(3)臭氧处理(O<sub>3</sub>):将葡萄放在一定容积的 PE 保鲜袋内,通入臭氧,其间使用碘量法<sup>[11]</sup>对袋内的臭氧浓度进行检测,当臭氧浓度达到 250 μL/L 后停止通臭氧,扎紧袋口保持 30 min 后解开袋口,24 h 后再封闭袋子,每袋装 5 kg;(4)臭氧和海藻酸钠涂膜复合处理(M+O<sub>3</sub>):将 0.3%海藻酸钠涂膜后充分晾干的葡萄放在一定容积的 PE 保鲜袋内,再按上述方法进行臭氧处理,每袋装 5 kg。上述 4 个处理每个处理重复 6 次,处理后放入(0±0.5)℃冷库内贮藏,每隔 15 d 取样测定各项指标,并留样用于相关酶活性的测定。

## 1.3 指标测定

**1.3.1 营养品质** 各组处理葡萄果实各取 20 粒,研磨取汁,使用 atago A410630 葡萄糖酸一体机进行可溶性固形物、可滴定酸的测定,每处理重复 3 次。

**1.3.2 贮藏品质** (1)硬度测定:每组处理各取 20 粒果实,使用 GY-1 型水果专用硬度计在葡萄果实赤道线处匀速刺入,所得数值即为硬度值,各处理重复 3 次。(2)呼吸强度测定:每个处理组将约 2.5 kg 的葡萄果实放置在容积为 15 L 的干燥器中,采用 Telaire7001 红外 CO<sub>2</sub> 分析仪进行呼吸强度测定,每组处理重复 3 次。(3)失重率:将重约 5 kg 的一筐葡萄放置在冷库内定期测定其质量并记录数值,待贮藏结束按公式计算失重率。失重率(%)=(贮前果重-贮后果重)/贮前果重×100%。(4)腐烂率:将重约 5 kg 的一筐葡萄定期测定质量,剪去腐烂果质量并称重按公式计算腐烂率。腐烂率(%)=腐烂果质量/总质量×100%。

**1.3.3 抗氧化指标** 过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法,取 1 g 左右粉末样品,加入 5 mL 预冷(4 ℃)的 pH 7.0 磷酸缓冲液,在 4 ℃、12 000 g 条件下冷冻离心 30 min,取上清液作为粗酶液测定相应酶活性。愈创木酚与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 均用 pH 5.5 乙酸、乙酸钠缓冲液溶解,反应体系为 200 μL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 加 3 mL 愈创木酚,再加入 0.5 mL 粗酶液,混匀后 15 s 在 470 nm 波长条件下测定吸光度,重复 3 次。几丁质酶(CHI)、β-1,3-葡聚糖酶(GLU)和超氧化

物歧化酶(SOD)活性测定均参照曹建康的方法<sup>[18]</sup>。丙二醛(MDA)含量的测定参照高俊凤<sup>[19]</sup>的方法。总酚测定采用福林酚法<sup>[20]</sup>。上述抗氧化指标每处理均重复测定 3 次。

1.4 数据分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 统计分析软件进行数据分析及差异显著性检验,所有数值均为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同处理对贮藏过程中葡萄营养品质的影响

由图 1,A、B 可知,随着贮藏时间的延长,各处理葡萄可溶性固形物和可滴定酸含量均先在贮藏初期小幅上升,而后呈下降趋势;当贮藏至 120 d,各处理组葡萄可溶性固形物和可滴定酸含量均与相应对照差异不显著( $P>0.05$ )。这可能是因为葡萄果实在贮藏前期淀粉转化造成可溶性固形物、可滴定酸短暂上升,当贮藏后期呼吸的消耗主要以可溶性固形物、可滴定酸为主,因此,二者含量因而下降;0.3%海藻酸钠涂膜、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧及其二者复合处理对贮藏葡萄营养品质无显著影响。

2.2 不同处理对葡萄贮藏品质的影响

首先,各处理葡萄失重率和腐烂率均随着贮藏时间的延长而上升,并均表现为对照组(CK) $>$ 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理组( $\text{O}_3$ ) $>$ 0.3%海藻酸钠涂膜组(M) $>$ 0.3%海藻酸钠涂膜和 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧复合处理组(M+ $\text{O}_3$ ) (图 2,A、B),且各处理组均显著低于对照( $P<0.05$ ),而处理组间无显著差异( $P>0.05$ )。其中,当贮藏至 120 d 时,M+ $\text{O}_3$ 、M 和  $\text{O}_3$  处理葡萄失重率分别比对照显著降低 7.0%、

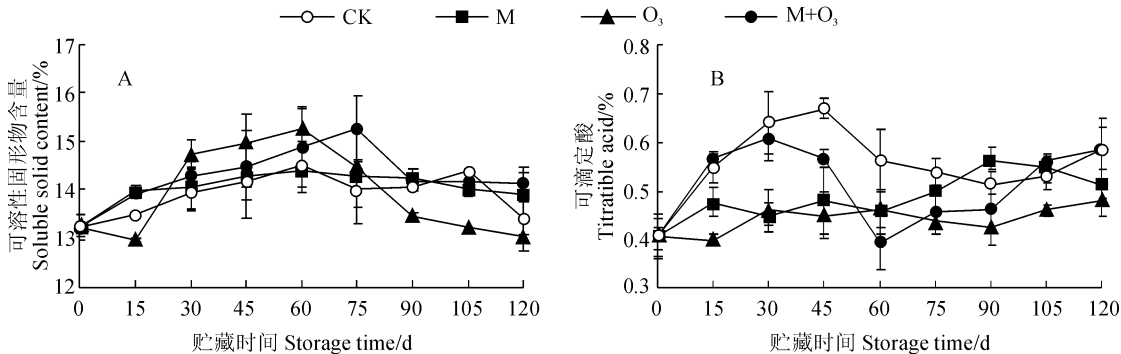
5.8%、3.6%,腐烂率分别比对照显著降低 15.4%、6.4%、4.0%。葡萄果实腐烂主要是由一些致病真菌引起,臭氧可以显著抑制致病真菌繁殖,从而减少致病菌对果实组织的伤害;而海藻酸钠能减缓水果中水分的蒸腾,降低水果失重率。所以,0.3%海藻酸钠涂膜、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧及其复合处理都可以明显减少贮藏葡萄的失重率和腐烂率,且复合处理效果更佳。

其次,在贮藏过程中,各处理葡萄呼吸强度均呈现先迅速下降而后逐渐增大的趋势(图 2,C)。整体上,葡萄呼吸强度在贮藏 0~15 d 时呈大幅下降趋势,在贮藏 15 d 后开始呈缓慢上升趋势,当贮藏至 60~120 d 时保持平缓。在贮藏至 120 d 时,各处理组葡萄呼吸强度均显著低于对照,M+ $\text{O}_3$  处理还极显著低于对照组( $P<0.01$ )。表明 0.3%海藻酸钠涂膜与 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧复合处理能显著抑制葡萄贮藏过程中的呼吸作用,延缓营养物质消耗。

再次,硬度可反映葡萄果实在外力作用下发生形变所需要的屈服力大小<sup>[21]</sup>。一般由于原果胶等物质的变化,果实采收后的硬度会随着贮藏时间的延长而逐渐下降<sup>[22]</sup>。由图 2,D 可知,随着贮藏时间延长,各处理葡萄果实硬度均呈缓慢下降趋势;当贮藏至 120 d 时,各处理葡萄果实硬度均显著高于对照,并以 M+ $\text{O}_3$  处理最高。说明各处理均能有效抑制贮藏过程中葡萄硬度的下降,且海藻酸钠涂膜与臭氧复合处理效果最好。

2.3 不同处理对贮藏过程中葡萄抗性相关酶活性的影响

首先,在整个贮藏过程中,各处理葡萄果实中 POD 活性呈逐渐上升的趋势,且贮藏 60 d 后各处理



CK. 对照;M. 0.3%海藻酸钠涂膜处理;O<sub>3</sub>. 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理;M+O<sub>3</sub>. 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧+0.3%海藻酸钠涂膜复合处理;下同

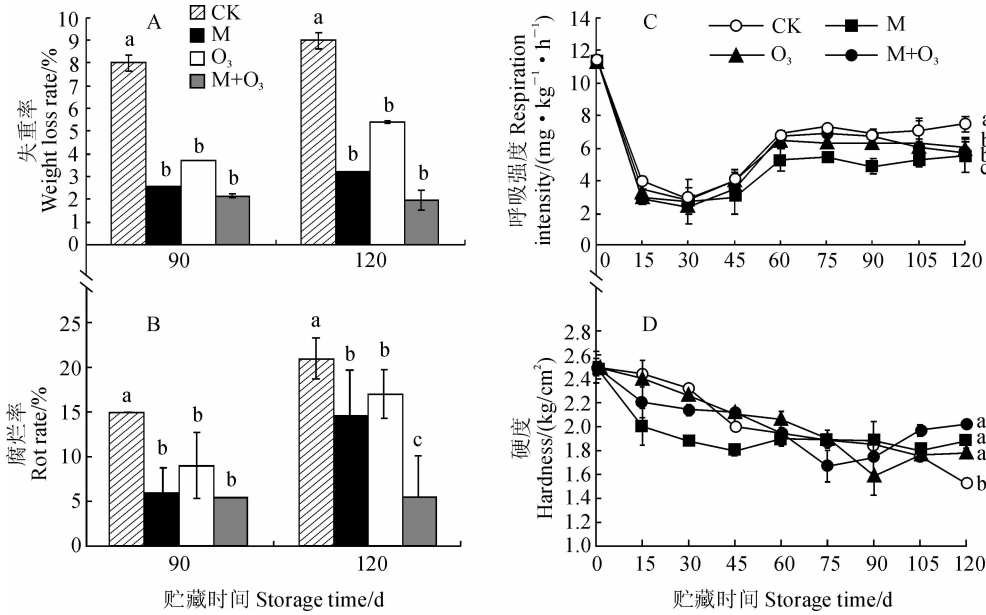
图1 不同处理对葡萄贮藏过程中营养品质的影响

CK. Control;M. 0.3% coatings;O<sub>3</sub>. 250  $\mu\text{L/L}$  ozone;M+O<sub>3</sub>. 250  $\mu\text{L/L}$  ozone and 0.3% coatings of on the storage property of grapes; The same as below.

Fig.1 Effect of different treatments on nutritional quality of grape

葡萄 POD 活性上升速率均不同程度大于对照组(图 3,A)。其中,在贮藏至 90 d 时,M+O<sub>3</sub>、M、O<sub>3</sub> 处理葡萄 POD 活性分别是对照组的 2.77、2.39 和 1.43 倍,且对照组与各处理组差异显著( $P<0.05$ );在贮藏至 120 d 时,各处理组的 POD 活性均高于对照组,且除 O<sub>3</sub> 处理外均达到显著水平。同时,贮藏期

间葡萄果实中 SOD 活性在对照组呈持续下降的趋势,在各处理组整体有先降后升的变化,且不同处理的升降速度有所不同(图 3,B)。其中,当贮藏至 60 d 时,各处理组葡萄中 SOD 活性基本降到最低值,其后略有上升;当贮藏至 120 d 时,各处理组 SOD 活性均显著高于对照( $P<0.05$ ),但各处理之间无显



同期不同字母表示处理间在 0.05 水平存在显著性差异,下同

图 2 不同处理对葡萄贮藏过程中贮藏品质的影响

The different normal letters in the same stage indicate significant difference among treatments at 0.05 level; The same as below

Fig. 2 Effect of different treatments on storage quality of grape

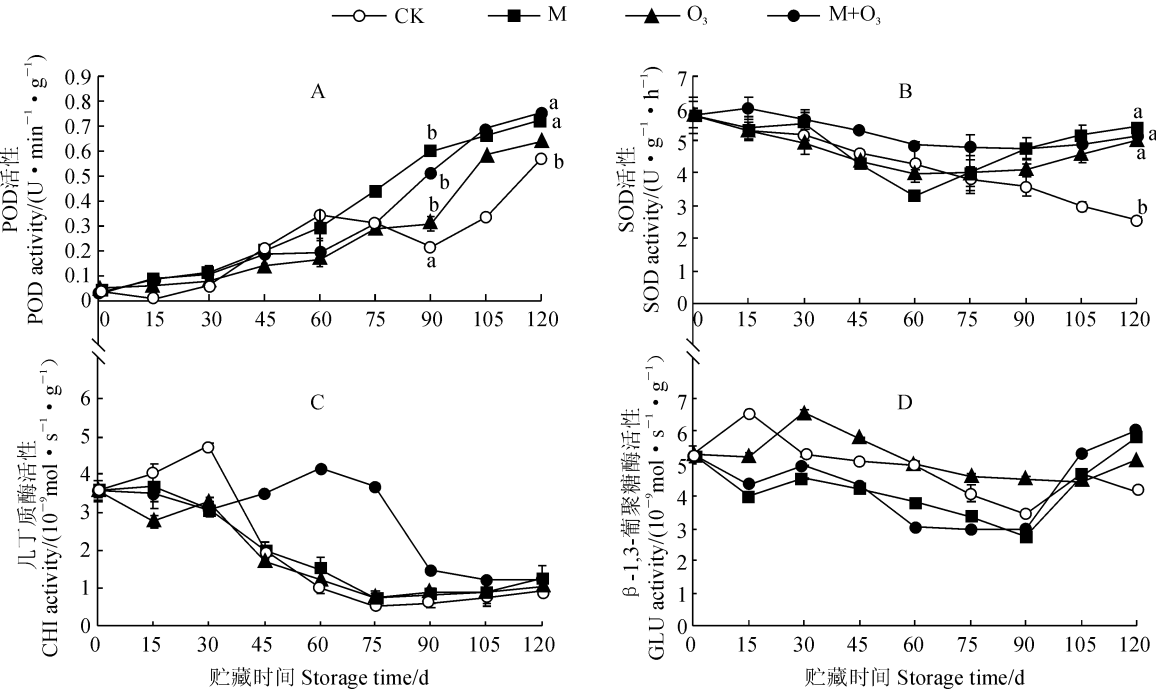


图 3 不同处理对葡萄贮藏过程中抗性相关酶(POD、SOD、CHI、GLU)活性的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on the activities of POD, SOD, CHI and GLU of grape

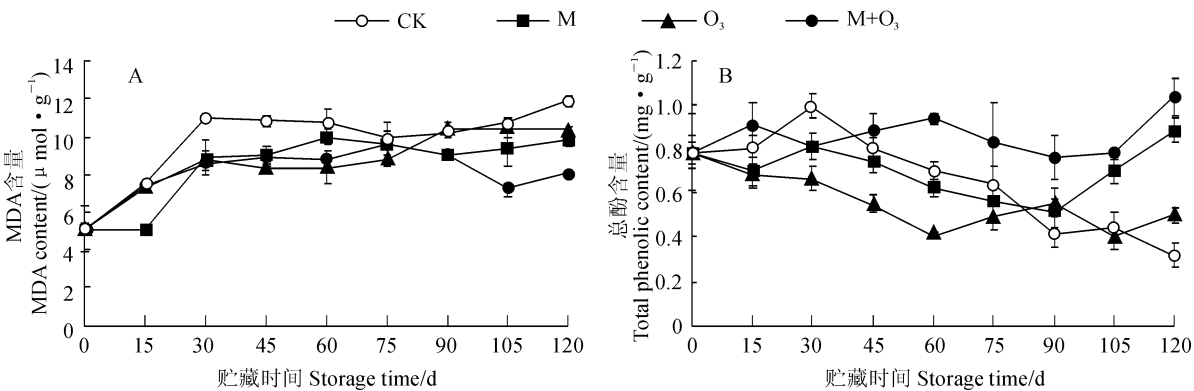


图 4 不同处理对葡萄贮藏过程中 MDA 和总酚含量的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on MDA and total phenol contents of grape

著差异( $P>0.05$ )。可见,在葡萄果实贮藏过程中,0.3%海藻酸钠涂膜处理、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理、海藻酸钠涂膜与 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧复合处理均可有效延缓贮藏过程中葡萄果实抗氧化酶 POD 和 SOD 活性的下降,从而维持果实中活性氧产生与清除的平衡,并以涂膜处理和涂膜臭氧复合处理抑制效果较好。

其次,高等植物体内广泛存在几丁质酶,能降解多种真菌细胞壁的主要成分几丁质,从而对病原菌的生长有主要的抑制作用<sup>[18]</sup>。从图 3,C 可知,各处理葡萄中几丁质酶活性均随贮藏时间的延长呈先上升后下降的趋势,且  $\text{M}+\text{O}_3$  处理变化幅度较大。其中, $\text{M}+\text{O}_3$  处理葡萄中几丁质酶活性在贮藏 60 d 时出现峰值,对照组在贮藏 30 d 时出现峰值,峰值以对照组最高,其次为  $\text{M}+\text{O}_3$  处理;在贮藏至 45~90 d 时, $\text{M}+\text{O}_3$  处理几丁质酶活性明显高于对照和其余处理;但在贮藏至 120 d 时,各处理几丁质酶活性与对照间均无显著差异,但仍以涂膜加臭氧复合处理几丁质酶含量最高。

再次,植物中的葡聚糖酶能以随机作用方式将多聚糖水解成糊精或寡聚糖,使真菌细胞壁受到损坏,从而抑制真菌的生长繁殖和对植物的侵染能力。特别是在与几丁质酶的协同作用下,可明显抑制真菌的生长<sup>[18]</sup>。从图 3,D 可知,各处理组葡萄  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性均随贮藏时间延长呈先上升后下降的变化趋势;在贮藏至 120 d 时,涂膜臭氧复合处理和涂膜处理的葡聚糖酶活性较高,其次为臭氧处理,对照组最低。以上结果说明 250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理与 0.3%海藻酸钠涂膜结合处理可以诱导葡萄贮藏过程中  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶的活性升高,增强果实抗性。

### 2.4 不同处理对贮藏过程中葡萄 MDA 和总酚含量的影响

首先,MDA 含量升高,会引起果实组织衰老。

从图 4, A 可知,各处理葡萄果实 MDA 含量在贮藏过程中均呈上升的趋势,且始终以对照组最高,升高幅度最大。其中,各处理组葡萄果 MDA 含量在贮藏 30 d 时急剧上升,在贮藏中期保持稳定,在贮藏至 90 d 后,对照组 MDA 继续上升,各处理组仍保持稳定;在贮藏至 120 d 时,对照组 MDA 含量最高,250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理 MDA 含量最低,各处理组均显著低于对照组,但各处理组间无显著差异。其次,多酚具有很强的抗氧化和清除自由基活性,对果实组织有很好的保护作用。

由图 4,B 得知, $\text{O}_3$  处理、M 处理葡萄组织中的总酚含量随贮藏时间的延长先下降而后缓慢上升; $\text{M}+\text{O}_3$  处理随贮藏时间延长总酚含量缓慢上升。与对照相比,各处理葡萄总酚含量在贮藏后期有缓慢上升的趋势,即各处理可以有效刺激葡萄果实组织酚类物质的生成<sup>[23]</sup>。其中,在贮藏至 120 d 时,葡萄果实组织总酚含量以对照组最低,以  $\text{M}+\text{O}_3$  处理最高,其次 M 和  $\text{O}_3$  处理, $\text{M}+\text{O}_3$ 、M 和  $\text{O}_3$  处理分别比对照显著增加了 69.3%、64.1%和 36.4%,而  $\text{M}+\text{O}_3$ 、M 处理又显著高于  $\text{O}_3$  处理( $P<0.05$ )。可见,0.3%海藻酸钠涂膜、250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理、0.3%海藻酸钠涂膜+250  $\mu\text{L/L}$  臭氧处理均能有效提高贮藏过程中葡萄果肉组织中总酚含量,从而显著抑制葡萄果肉膜脂过氧化进程。

### 3 讨论

臭氧处理可以明显抑制果蔬的新陈代谢,延缓硬度下降<sup>[7]</sup>,降低呼吸作用<sup>[4]</sup>,延缓果实衰老进程,抑制病原真菌对果实侵染造成的腐烂衰败<sup>[24]</sup>。海藻酸钠分子的微观网状结构使其具有较强的保湿性,海藻酸钠及其衍生物覆盖在水果表面形成一层薄膜,该膜具有气体选择渗透性能,在果蔬内部形成

一个低 O<sub>2</sub> 高 CO<sub>2</sub> 浓度的微气调环境,抑制果实的呼吸<sup>[25]</sup>,减少水分散失<sup>[11]</sup>从而显著降低失重率和腐烂率。虽然臭氧的杀菌效果好,但因其的强氧化性,在处理葡萄时易造成葡萄果柄褐化和失水;海藻酸钠涂膜可以明显减少葡萄在贮藏时水分散失的发生,但杀菌效果不明显。本试验结果表明,0.3%海藻酸钠涂膜、250 μL/L 臭氧处理以及两者结合处理均可以显著降低葡萄贮藏过程中质量损失率和腐烂率,但对葡萄营养品质可溶性固形物和可滴定酸含量无显著影响。这与徐晓燕等<sup>[26]</sup>研究结果相符。进一步证明将臭氧与海藻酸钠涂膜结合处理贮藏葡萄,可以既杀菌又减少水分散失,达到更佳的贮藏效果。

果蔬采后的呼吸和乙烯可促进体内活性氧的产生和积累,加剧膜脂过氧化进程<sup>[27]</sup>,从而促进其贮藏过程中的衰老和腐败。植物组织活性氧清除体系中 SOD 可以催化 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 生成 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,POD 可以催化 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 生成 H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub>,以达到防止活性氧引起膜脂过氧化及其他伤害的目的<sup>[21]</sup>。病程相关蛋白是植物体遭受逆境胁迫刺激后产生的一类防御蛋白,能够单独或协同分解病原真菌的细胞结构,阻止病原菌的侵染。GLU 和 CHI 为植物体内 2 种常见的病程相关蛋白。而 MDA 是膜脂过氧化的中间产物,由于它能导致蛋白质上的氨基酸发生化学结构上的变化,产生氧化自由基,破坏细胞膜的完整性,

造成细胞破裂瓦解,降低植物体的抗逆性并加速其衰老<sup>[23]</sup>。本试验中,250 μL/L 臭氧、0.3%海藻酸钠涂膜处理、0.3%海藻酸钠涂膜加 250 μL/L 臭氧结合处理可诱导均可以明显诱导贮藏葡萄中 POD、SOD、GLU 和 CHI 活性升高,从而激活防御系统,增强其抗性,明显降低 MDA 含量,减少 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 对膜组织的伤害,最终有效降低葡萄贮藏过程中的呼吸强度,维持较高的硬度,提高贮藏品质,并以涂膜和臭氧结合处理效果最佳。这与杨阳等<sup>[28]</sup>在贵妃玫瑰葡萄上研究的结果一致。

综上所述,本试验探讨了海藻酸钠涂膜、臭氧及二者结合处理“红地球”葡萄在 0℃ 条件贮藏过程中果实营养品质、贮藏品质及抗性酶防御系统活性的变化特征,结果表明 250 μL/L 臭氧处理、0.3%海藻酸钠涂膜处理、0.3%海藻酸钠涂膜与 250 μL/L 臭氧复合处理均可显著降低贮藏葡萄失重率和腐烂率,抑制呼吸,延缓硬度下降;各处理能通过提高防御酶 POD、SOD、CHI 和 GLU 活性,延缓总酚含量下降,减少 MDA 的产生,从而保护果肉组织细胞膜结构的完整,进而增强了葡萄果实对真菌病害的抵抗能力;在各组处理中,0.3%海藻酸钠涂膜与 250 μL/L 臭氧复合处理效果最佳。今后应就 0.3%海藻酸钠涂膜与 250 μL/L 臭氧结合处理对葡萄接种真菌后发病率的抑制情况做进一步研究。

参考文献:

[1] 陈慕依,官美凤,胡春丽,等. 无公害酿酒葡萄高产栽培技术[J]. 南方农机,2016,(1):20-25.  
CHEN M N, GUAN M F, HU C L, et al. the high yield cultivation techniques of pollution-free *Vitis vinifera* [J]. *South Agricultural Machinery*, 2016,(1):20-25.

[2] 孙平平,王文辉. 世界苹果、葡萄和梨产量、市场及贸易情况[J]. 中国果树,2016,(3):94-100.  
SUN P P, WANG W H. The world production of apples, grapes and pears, markets and trade[J]. *China Fruits*, 2016,(3):94-100.

[3] 王文生,罗云波,石志平. 臭氧在果蔬贮藏保鲜中的研究与应用[J]. 保鲜与加工,2004,4(1):4-7.  
WANG W S, LUO Y B, SHI Z P. Research and application of ozone in fruit and vegetable storage[J]. *Storage & Process*, 2004,4(1):4-7.

[4] 王秋芳,乔勇进,乔旭光. 臭氧处理对巨峰葡萄品质与生理生化的影响[J]. 果树学报,2010,27(1):63-68.  
WANG Q F, QIAO Y J, QIAO X G. Effect of ozone treatment on quality and physiological and biochemical of Kyoho grape [J]. *Journal of Fruit Science*, 2010,27(1):63-68.

[5] 胡云峰,陈君然,肖娟,等. 臭氧处理对切分青椒贮藏品质的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(16):259-263.  
HU Y F, CHEN J R, XIAO J, et al. Effect of ozone treatment on storage quality for fresh-cut green peppers [J]. *Transactions of the CSAE*, 2012,28(16):259-263.

[6] 伍小红,李建科,惠伟. 臭氧处理对苹果保鲜的影响研究[J]. 食品科技,2006,31(7):252-254.  
WU X H, LI J K, HUI W. Research of ozone treatment in apple storage [J]. *Food Science and Technology*, 2006,31(7):252-254.

[7] 白华飞,张昭其. 臭氧在果蔬贮藏保鲜上的应用[J]. 食品科技,2003,(1):80-82.  
BAI H F, ZHANG Z Q. Application of ozone in fruit and vegetable storage [J]. *Food Science and Technology*, 2003,(1):80-82.

[8] 张红印,马龙传,姜松,等. 臭氧结合拮抗酵母对草莓采后灰霉病的控制[J]. 农业工程学报,2009,25(5):258-263.  
ZHANG H Y, MA L C, JIANG S, et al. Effect of ozone in combination with antagonistic yeast on postharvest gray mold rot incidence in strawberry fruits [J]. *Transactions of the*

- CSAE, 2009, **25**(5):258-263.
- [9] 徐 慧,蒋栋磊,张银志,等. 臭氧降解 8 种蔬菜中农药残留研究[J]. 食品工业科技, 2012, **33**(22):75-77.  
XU H,JIANG D L,ZHANG Y Z,*et al.* Study on degradation of pesticide residues in eight kinds of vegetables by ozone[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, **33** (22): 75-77.
- [10] 孔凡春,陆胜民,王 群. 臭氧在果蔬保鲜和农残降解上的应用[J]. 食品与机械, 2003, (5): 24-26.  
KONG F C, LU S M, WANG Q. Application of ozone for pesticide degradation and preservation of fruits and vegetables [J]. *Food & Machinery*, 2003, (5):24-26.
- [11] 胡晓亮,周国燕,王春霞,等. 海藻酸钠在水果贮藏保鲜中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2012, **38**(1):143-146.  
HU X L,ZHOU G Y,WANG C X,*et al.* The application of sodium alginate in fruit fresh-keeping[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2012, **38**(1):143-146.
- [12] 张正周,付婷婷,李莹露. 臭氧对“大五星”枇杷贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2011, **32**(20): 282-285.  
ZHANG Z Z,FU T T,LI Y L. Effects of Ozone Treatment on the preservation of Loquat Cultivar Big Five-pointed Star during storage[J]. *Food Science*, 2011, **32**(20):282-285.
- [13] 刘嘉俊. 海藻酸钠涂膜对芒果保鲜效果的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- [14] 胡晓亮,周国燕. 海藻酸钠和溶菌酶复合涂膜对马陆葡萄贮藏的保鲜效果[J]. 食品科学, 2011, **32**(20): 271-276.  
HU X L,ZHOU G Y. Fresh-keeping Effect of compound Sodium Alginate-Lysozyme coating on Malu grapes [J]. *Food Science*, 2011, **32**(20):271-276.
- [15] 王秋芳,乔勇进,陈召亮. 臭氧处理对巨峰葡萄微生物及贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, **38**(9): 4 784-4 787.  
WANG Q F,QIAO Y J,CHEN Z L. Effect of ozone treatment on pathogenic microorganism and storage quality of Kyoto grape [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* 2010, **38**(9):4 784-4 787.
- [16] 杨绍艳,王文生,董成虎. 臭氧处理对磨盘柿采后生理生化变化的影响[J]. 华北农学报, 2008, **23**(5): 198-201.  
YANG S Y,WANG W S,DONG C H. Effect of Ozone treatment on postharvest physiology and biochemistry of Mopan Persimmon (*Diospyros kaki* L. f. CV. mopan) [J]. *Acta Agricultrae Boreali-Sinica*, 2008, **23**(5):198-201.
- [17] 黎继烈,彭湘莲,钟海雁. 臭氧在金弹金柑保鲜上的应用[J]. 食品与机械, 2006, **22**(3): 51-53.  
LI J L, PENG X L, ZHONG H Y. Application of ozone for fresh-keeping of *Fortunella crassifolia* swingle [J]. *Food & Machinery*, 2006, **22**(3):51-53.
- [18] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2007.
- [19] 高俊凤. 植物生理实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [20] 袁晓春,李辅碧. Folin-Ciocalteu 法测定昭通葡萄及其葡萄酒总酚含量[J]. 安徽农业科学, 2014, **42**(33): 11 859-11 860, 11 862.  
YUAN X C, LI F B. Measure of Total polyphenols content in Zhaotong Grape and grape wine by Folin-Ciocalteu Method [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014, **42** (33): 11 859-11 860, 11 862.
- [21] 李志文,张 平,张昆明,等. 1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄果实质地的影响[J]. 农业机械学报, 2011, **42**(7): 176-181.  
LI Z W,ZHANG P,ZHANG K M,*et al.* Effect of 1-Methylcyclopropene combined with controlled freezing-point storage on texture of grape fruit[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2011, **42**(7): 176-181.
- [22] 王 森,王 辰,孙 瑾,等. 不同褐变程度葡萄果实常温货架期品质变化研究[J]. 保鲜与加工, 2016, **16**(2): 32-37.  
WANG M, WANG C, SUN J, *et al.* Study on the quality change of different browning degrees of grape fruits during the shelf life under room temperature [J]. *Storage & Process*, 2016, **16**(2): 32-37.
- [23] 周晓婉,唐永萍,石亚莉. 1-MCP 对低温贮藏苹果灰霉病抗性的诱导[J]. 食品科学, 2016, **37**(12):254-260.  
ZHOU X W, TANG Y P, SHI Y L. Mechanism of 1-MCP treatment in induced resistance to gray mold of apples during the low temperature storage[J]. *Food Science*, 2016, **37** (12):254-260.
- [24] 朱东兴,杭夫梅,李 娜. 臭氧在鲜食葡萄无硫贮藏技术中的防腐保鲜效果[J]. 中国食品添加剂, 2010, (3):199-202.  
ZHU D X, HANG F M, LI N. Effects of ozone preservation technology on SO<sub>2</sub> free grapes during storage[J]. *China Food Additives*, 2010, (3):199-202.
- [25] 任玉锋,苏振峰,刘雅琴. 壳聚糖、海藻酸钠、百里香酚及其复合物对灵武长枣采后主要病原真菌的抵制作用[J]. 湖北农业科学, 2013, **52**(1):84-87.  
REN Y F, SU Z Z, LIU Y Q. Inhibitory Effect of Chitosan, Sodium alginate, thymol and their compounds on major pathogenic fungi in post-harvest Zizphus jujube Mill CV. Lingwu changzao[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013, **52**(1): 84-87.
- [26] 徐晓燕,惠 伟,关军锋,等. 臭氧对砀山酥梨采后生理及腐烂效果的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2012, **31**(6): 628-633.  
XU X Y HUI W, GUAN J F, *et al.* Effect of ozone treatment on postharvest physiology and decay of “Dangshansu” pear during in cold storage[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2012, **31**(6):628-633.
- [27] 苗则彦,赵奎华,等. 葡萄抗感白腐病品种 PAL 酶、PPO 酶和 SOD 酶活性比较[J]. 沈阳农业大学学报, 2003, **34**(3): 177-180.  
MIAO Z Y,ZHAO K H, *et al.* Comprison to enzyme activities of PPO, PAL and SOD of resistant and susceptible Cultivars White Rot[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2003, **34**(3):177-180.
- [28] 杨 阳,王咏梅,吴新颖. 钙素化合物对贵妃玫瑰葡萄光合作用及 SOD、POD、CAT 活性的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014, 4: 23-26.  
YANG Y, WANG Y M, WU X Y. Effects of spraying calcium on photosynthesis and the activities of superoxide dismutases, peroxidase, catalase of Guifeimeigui grapevine[J]. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*, 2014, 4:23-26.