

气调熏蒸微孔包装技术在葡萄采后贮运中的应用

张昭¹, 许耀辉¹, 魏佳², 张政², 吴斌^{2*}

(1. 新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

(2. 新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要: 为解决新疆鲜食葡萄电商物流“个性化”对保鲜包装技术的需求。分析气调包装(5% O₂+8% CO₂)结合不同浓度二氧化硫(sulfur dioxide, SO₂) (100、300、500、800 μL/L)熏蒸对新疆红地球葡萄采后生理指标的影响, 研究气调熏蒸包装保鲜技术对红提葡萄采后品质的影响。结果表明: 与对照相比, 气调熏蒸微孔包装能够较好的保持果实硬度、可溶性固形物含量(TSS)、可滴定酸含量(TA)和维生素C含量(Vc), 减缓pH上升趋势, 维持果实采后品质。500 μL/L SO₂+5% O₂+8% CO₂处理保鲜效果较好, 贮藏8 d后, pH值为4.26, 低于对照组; 葡萄果实硬度为10.76 N, TSS含量为16.67%, TA含量为0.52%, Vc含量为1.18 mg/100 g, 均高于对照组, 表明气调熏蒸微孔包装方式能够有效延长葡萄感官品质和商品性, 减缓红地球葡萄营养风味的损失。因此, 500 μL/L SO₂+5% O₂+8% CO₂气调熏蒸微孔包装技术可为鲜食葡萄采后贮运保鲜技术研究提供理论和数据支持。

关键词: 气调包装; SO₂熏蒸; 红地球葡萄; 贮运品质

文章篇号: 1673-9078(2021)11-195-203

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.11.0068

Application of Modified Atmosphere Fumigation Microporous Packaging Technology in the Storage and Transportation of Grapes

ZHANG Zhao¹, XU Yaohui¹, WEI Jia², ZHANG Zheng², WU Bin^{2*}

(1.College of Food Science and Pharmaceutical Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2.Institute of Agro-products Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Science, Urumqi 830091, China)

Abstract: In order to solve the "individualized" demand for fresh-keeping packaging technology for Xinjiang's fresh grapes e-commerce logistics. Effects of modified atmosphere packaging (5% O₂+8% CO₂) combined with different concentrations of sulfur dioxide (SO₂) (100 μL/L, 300 μL/L, 500 μL/L, 800 μL/L) fumigation on the postharvest physiological indicators of Xinjiang red globe grapes were examined. The effect of modified atmosphere fumigation packaging technology on the postharvest quality of red grapes was investigated. The results showed that compared with the control, the modified atmosphere fumigation microporous packaging could preserve better fruit hardness, soluble solids content (TSS), titratable acid (TA) content and vitamin C (Vc) content, slow down the rise of pH, and maintain the postharvest quality of the fruit. The 500 μL/L SO₂+5% O₂+8% CO₂ treatment exhibited a better fresh-keeping effect. After 8 days of storage, the pH value was 4.26, which is lower than the control group; the grape fruit hardness was 10.76 N, the TSS content was 16.67%, the TA content was 0.52%, and the Vc content was 1.18 mg/100 g, which were all higher than those of the control group. These showed that the modified atmosphere fumigation microporous packaging method can effectively extend the organoleptic quality and commerciality of grapes, and slow down the loss of nutrition and flavor of red globe grapes. Therefore, the 500 μL/L SO₂+5% O₂+8% CO₂ controlled atmosphere fumigation microporous packaging technology can provide theoretical and data support for the research on postharvest storage, transportation and preservation technology of fresh table grapes.

Key words: modified atmosphere packaging; SO₂ fumigation; red globe grapes; storage and transportation quality

引文格式:

张昭,许耀辉,魏佳,等.气调熏蒸微孔包装技术在葡萄采后贮运中的应用[J].现代食品科技,2021,37(11):195-203

ZHANG Zhao, XU Yaohui, WEI Jia, et al. Application of modified atmosphere fumigation microporous packaging technology in the storage and transportation of grapes [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(11): 195-203

收稿日期: 2021-01-19

项目基金: 国家自然科学基金项目(31860460); 国家重点研发计划项目(2018YFD0401302)

作者简介: 张昭(1995-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 466343947@qq.com

通讯作者: 吴斌(1973-), 男, 研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 42042615@qq.com

新疆是我国最大的鲜食葡萄产区,葡萄已成为新疆电商物流特色水果销售的“流量明星”^[1]。红地球葡萄 (*Vitis vinifera* L. cv. 'Red Globe') 由于含糖量高、汁多、肉软且果实缔结于枝干的特性使其在采后贮运过程中极易发生腐烂褐变现象^[2]。目前,鲜食葡萄的贮运保鲜方式主要为微型冷库+保鲜膜+二氧化硫 (sulfur dioxide, SO₂) 保鲜剂的方式^[3],但仍无法解决葡萄采后电商物流运输过程果实品质劣变的技术难题,严重影响了葡萄采后商品性和食用安全性。

SO₂ 熏蒸处理是葡萄贮藏保鲜使用的主要方法^[4]。然而,SO₂ 保鲜剂释放速度难以控制,在鲜食葡萄贮运物流过程中容易发生 SO₂ 伤害葡萄果实,产生漂白等现象,并且 SO₂ 在果实中的残留转化成的亚硫酸盐还会对人体健康造成一定的危害,存在食品安全隐患^[5]。气调包装 (Modified atmosphere packaging, MAP) 被认为是一种保持果蔬品质的无毒保鲜技术^[6],符合当前葡萄电商物流小型包装,它不仅可减缓果实呼吸作用,延缓软化和成熟,减少各种生理代谢紊乱的发生^[7],还能结合透气性膜来延长易腐果实的采后品质^[8]。目前,在鲜食葡萄电商物流贮运过程中,采用气调密封包装会对果实造成气体伤害,加剧无氧呼吸引起的酒化异味等问题^[9,10],使葡萄风味发生改变。虽然,气调保鲜技术在部分果蔬的静态保鲜上安全无污染,但在运输过程中气调技术作用效果不显著^[11],无法满足葡萄采后电商物流包装的技术需求^[12]。少量 SO₂ 保鲜剂结合 10% CO₂ 能够较好的维持红地球葡萄的采后品质^[13]。在葡萄的贮藏期间,即使将 O₂ 和 CO₂ 分别控制在 5% 和 3% 左右,也无法完全控制真菌对果实的侵染,仍需其他保鲜产品处理来抑制真菌的活性^[14]。此外,2%~5% O₂+1%~5% CO₂ 结合少量 SO₂ 也可以有效控制葡萄在贮运过程中出现腐烂等问题^[15]。

本试验针对新疆鲜食葡萄电商物流保鲜包装“个性化”的技术需求,采用气调微孔包装结合 SO₂ 精准熏蒸处理鲜食葡萄的方法,分析测定葡萄贮运品质的变化,确定气调熏蒸微孔包装方式,既解决单靠气调不能控制葡萄腐烂,又消除贮藏过程中无氧呼吸等问题。

微孔处理方式结合气调包装和 SO₂ 熏蒸两种保鲜技术,将为鲜食葡萄采后电商物流贮运保鲜技术提供新的研究思路和方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验葡萄品种为红地球葡萄 (*Vitis vinifera* L. cv. 'Red Globe')。2020 年 9 月 9 日采自昌吉市三公镇春光二队葡萄种植园,采收时选择果实可溶性固形物含量约为 19%,果梗翠绿,无病虫害以及机械损伤的葡萄。将葡萄装入套有无织物的周转筐内,防止运输过程中葡萄碰伤,采收后及时运回冷库进行预冷。

无孔 PE 膜,由乌鲁木齐格瑞德保鲜科技有限公司提供,厚度 40 μm。

1.2 试验设备

GY-4 型数显果实硬度计,艾德堡仪器有限公司; PAL-1 型数显糖度计,日本 Atago 公司; UV-2600 型紫外分光光度计,日本岛津公司; Check Point 3 便携式顶空分析仪,丹麦 PBI Dansensor 公司; GD 1913 型气调包装机,广州行远包装机械有限公司; 数显 pH 计,上海雷磁仪器有限公司。

1.3 试验方法

将采收后的红地球葡萄从中选取无病害、无霉变、无机械损伤的果实于 0±0.5 °C 冷库中进行预冷处理,充分预冷 12 h 后,随机分组,放入自行设计包装盒 (2 L),底层铺吸水纸,每盒葡萄重约 700.00 g。

本课题组在 SO₂ 熏蒸积累大量经验,选择 SO₂ 浓度在工业要求 (800 μL/L) 范围内,在此范围内 SO₂ 残留量在符合美国 FDA 及欧盟国家规定 10 μg/g。此外,本试验旨在筛选适宜气体熏蒸比例,高浓度 SO₂ 抑菌效果可能更好,但风险会更高,SO₂ 残留量可能超标,因此,本文选择 SO₂ 浓度在 800 μL/L 范围内,安全性更高。试验设计如表 1。

表 1 试验设计

Table 1 Experiment design

处理	
无孔 (Non-porous, N 组)	微孔 (Micropores, M 组)
N ₁ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +100 μL/L SO ₂	M ₁ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +100 μL/L SO ₂
N ₂ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +300 μL/L SO ₂	M ₂ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +300 μL/L SO ₂
N ₃ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +500 μL/L SO ₂	M ₃ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +500 μL/L SO ₂
N ₄ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +800 μL/L SO ₂	M ₄ : 5% O ₂ +8% CO ₂ +800 μL/L SO ₂

参考文献^[13-15], 选择气调比例为 5% O₂+8% CO₂, 并按照 5% O₂+8% CO₂ 进行充气处理并用 PE 膜封口, 抽取相应 SO₂ 浓度充入包装盒内, 微孔包装用针在无孔 PE 膜上均匀扎 4 个小孔, 孔径为 20~30 μm, 防止其无氧呼吸。置于室温 (25±1 °C) 下贮藏, 每个处理三次重复, 无孔包装一天一取样, 共取样 4 d, 微孔包装两天取一次, 第 5 d 开始一天一取样, 共计 8 d。

1.4 相关指标测定

1.4.1 O₂、CO₂ 体积分数的测定

采用 Check Point 3 便携式顶空分析仪, 定期测定不同处理组包装内 CO₂ 和 O₂ 的百分含量, 单位为%, 每个处理重复 3 次。

1.4.2 腐烂指数的测定

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{腐烂果质量}}{\text{果实总质量}} \times 100\% \quad (1)$$

注: 当葡萄果实表面的病斑直径大于 2 mm 时, 判定果实为腐烂果。

1.4.3 果梗褐变指数

果梗褐变级数为: 0 级, 果梗、穗轴部位均没有褐变; 1 级, 果梗或穗轴部位出现褐变现象, 但面积不超过总面积的 1/4; 2 级, 果梗或穗轴部位出现褐变现象, 且面积占总面积的 1/4~1/2; 3 级, 果梗或穗轴部位出现褐变现象, 且面积占总面积的 1/2~3/4; 4 级, 果梗穗轴部位褐变面积超过 3/4 或全部褐变。

$$\text{果梗褐变指数} = \frac{\sum(\text{各级串数} \times \text{级数})}{\text{总串数} \times \text{最高级数}} \times 100\% \quad (2)$$

1.4.4 硬度的测定

每盒随机选择 9 个鲜食葡萄, 围绕果实的赤道部位, 用 GY-4 型果实硬度计测定果肉的硬度, 重复 3 次。最终结果以平均值计, 单位为 N。

1.4.5 可溶性固形物 (total soluble solids, TSS) 含量的测定

将鲜食葡萄榨汁, 摇匀, 取部分汁液测定 TSS 含量, 单位为%。

1.4.6 可滴定酸 (titrate acid, TA) 含量的测定

参照曹建康^[16]的方法, 采用酸碱滴定法。

1.4.7 维生素 C (vitamin C, Vc) 含量的测定

参照曹建康^[16]的方法, 采用 2,6-二氯酚酚滴定法。

1.5 数据处理

使用 Origin 2019 b 软件作图, SPSS 26.0 进行数据分析, $p < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果分析

2.1 包装膜内气体成分的变化

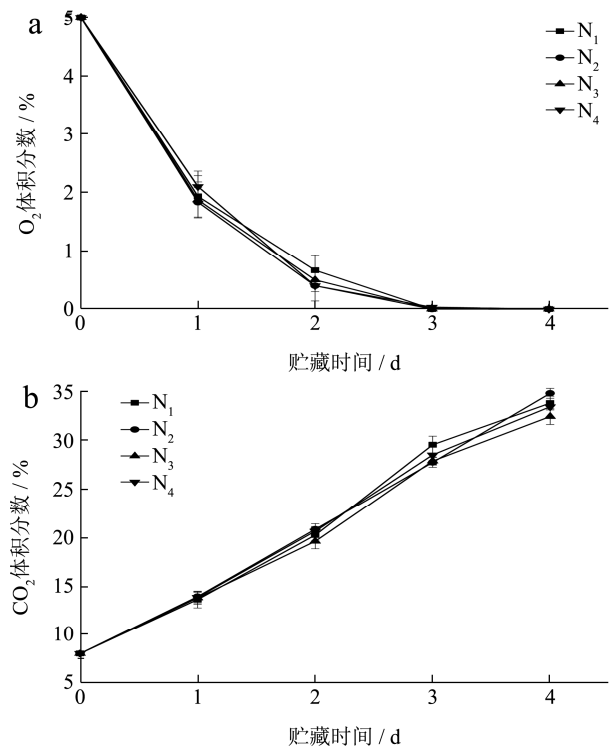


图1 不同包装对红地球葡萄气体成分的影响(无孔)

Fig.1 The effects of different packaging on the gas composition of red globe grapes (non-porous)

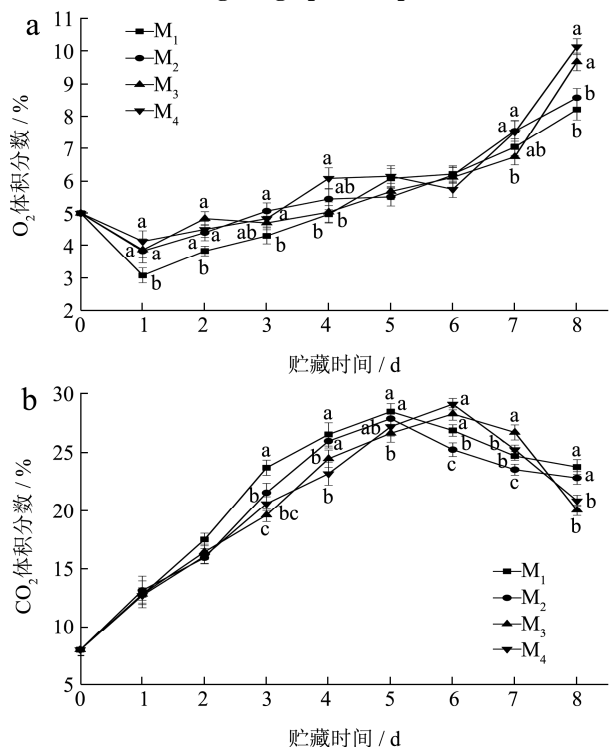


图2 不同包装对红地球葡萄气体成分的影响(微孔)

Fig.2 The effects of different packaging on the gas composition of red globe grapes (micropores)

注: 不同小写字母代表在 $p < 0.05$ 水平下有显著性差异。

图1为N组O₂、CO₂体积分数变化。从图中可以看出,第3d时,O₂体积分数已为0%,此时,红地球葡萄已进行无氧呼吸,无氧环境导致葡萄果实进行一系列不良代谢反应,并产生不良口感^[17],已不具备商品性。第4d时,CO₂浓度依旧呈现上升趋势,是由于无氧条件下丙酮酸结合H⁺产生CO₂。贮藏4d后,各处理之间的O₂、CO₂浓度并无显著差异($p>0.05$),可见,无孔包装条件下充入不同浓度SO₂对气体成分影响不大。

图2a表示M组O₂体积分数变化。由图可知,O₂体积分数呈现先下降后上升趋势,第1d葡萄呼吸作用较强,O₂浓度呈现快速下降。第2~6d时,O₂浓度呈现缓慢上升的趋势,这可能与葡萄非跃变水果有关,没有呼吸高峰。贮藏后期,葡萄果梗褐变加剧,包装盒内气体与外界气体不断进行交换,水分流失较多,葡萄呼吸作用减弱,O₂浓度快速上升。图2b表示M组CO₂体积分数变化,贮藏前期葡萄呼吸作用旺盛,CO₂浓度呈现上升趋势。与M₃、M₄处理相比,M₁、M₂处理腐烂现象较为严重,微生物为了维持自身的基本生命活动会消耗O₂,产生CO₂,M₁、M₂处理CO₂浓度下降较为缓慢,M₃、M₄处理腐烂率较低,气体变化趋势较快。贮藏8d后,M₃、M₄处理与M₁、

M₂处理O₂、CO₂浓度显著性差异($p<0.05$)。

以上结果表明,无孔包装气密性较强,包装出现相对的低O₂高CO₂气体环境,气体变化幅度较快。而微孔包装可以通过微孔与外界进行一定的气体交换,从而调节包装内O₂保持动态平衡,从而达到较好的保鲜效果。

2.2 气调熏蒸方式对红地球葡萄硬度、TSS含量、果梗褐变、腐烂率的影响

硬度是评价果肉贮藏期品质非常重要的指标^[18]。由表2、3可知,葡萄果实硬度随着贮藏时间的延长而降低,N组葡萄果实硬度呈现快速降低,其原因是N组完全密封,在贮藏过程中,包装内部葡萄果实进行无氧呼吸,产生酒精、乙醛等物质,对果实细胞起毒害作用^[19],果实硬度快速下降,各处理之间并无显著差异($p>0.05$)。与N组相比,M组在第2~6d时,O₂浓度增长趋于平稳,果实中的有机酸作为呼吸作用底物消耗速率减缓,硬度缓慢下降,微孔包装可有效延缓硬度的下降。贮藏8d后,M₁、M₂、M₃、M₄处理硬度分别下降了43.39%、42.95%、35.10%、39.87%,M₃处理硬度要高于其它处理($p<0.05$)。

表2 不同包装对红地球葡萄硬度、TSS含量、果梗褐变、腐烂率的影响(无孔)

Table 2 Effects of different packaging on the hardness, TSS content, browning and rot rate of red globe grapes (non-porous)

贮藏天数/d	处理 N 组	硬度/N	TSS/%	果梗褐变/%	腐烂率/%
0		15.58±0.24	18.68±0.20	0	0
1	N ₁	13.71±0.17 ^a	16.83±0.26 ^b	12.50±0.25 ^a	0
	N ₂	13.10±0.44 ^a	17.90±0.15 ^a	11.10±0.79 ^a	0
	N ₃	13.16±0.22 ^a	16.97±0.20 ^b	12.50±0.22 ^a	0
	N ₄	13.44±0.32 ^a	18.23±0.22 ^a	8.33±0.22 ^b	0
2	N ₁	12.02±1.14 ^a	15.80±0.16 ^b	25.00±0.43 ^a	0
	N ₂	11.50±0.59 ^b	17.07±0.21 ^a	22.22±0.81 ^a	0
	N ₃	11.82±0.93 ^a	16.70±0.50 ^a	20.83±0.22 ^a	0 ^a
	N ₄	12.25±0.92 ^a	16.73±0.18 ^a	22.22±0.81 ^a	0 ^a
3	N ₁	10.68±1.09 ^a	14.60±0.21 ^b	33.33±0.73 ^b	0.56±0.08 ^a
	N ₂	10.43±0.96 ^a	16.30±0.22 ^a	25.00±0.00 ^a	0.85±0.14 ^a
	N ₃	10.97±1.51 ^a	14.84±0.16 ^b	33.33±0.43 ^b	0.45±0.03 ^a
	N ₄	11.29±0.89 ^a	15.63±0.19 ^a	34.70±0.39 ^b	0 ^a
4	N ₁	10.17±0.88 ^a	13.73±0.67 ^a	50.00±0.00 ^a	1.24±0.46 ^a
	N ₂	9.75±1.24 ^a	13.33±0.21 ^a	45.83±0.22 ^{ab}	1.40±0.55 ^a
	N ₃	10.50±1.00 ^a	12.97±0.16 ^a	43.33±0.22 ^b	0.65±0.29 ^a
	N ₄	10.82±0.87 ^a	13.23±0.21 ^a	47.20±0.85 ^a	0.31±0.13 ^a

注: 同列不同小写字母代表在 $p<0.05$ 水平下有显著性差异,下同。

TSS是影响果实风味的重要指标之一,直接反映果实的品质变化和衰老速度^[20]。在贮藏过程中,TSS

作为呼吸作用底物被消耗,因此呈现下降趋势。N组在贮藏过程中产生大量CO₂,高浓度的CO₂迫使果实

进行无氧呼吸,糖酵解消耗了大量的干物质^[21],而造成 TSS 含量的快速下降,且处理之间并无显著差异 ($p>0.05$)。与 N 组不同, M 组在贮藏前期 TSS 含量下降缓慢,可能是微孔包装内形成适宜气体成分,这也可能与葡萄是呼吸非跃变水果有关,说明微孔处理可有效维持 TSS 含量。与其他处理相比, M₃ 处理 TSS 含量下降最为平缓,贮藏结束时, M₃ 处理 TSS 含量为 16.67%,优于其它处理 ($p<0.05$)。

葡萄果梗的鲜绿程度被认为是评判葡萄新鲜程度的重要因素之一^[22]。无孔包装进行透气性差,包装内气体无法与外界进行置换,内部水分无法散失,而且 MA 包装蒸腾作用较小,导致 N 组因失水引起的果梗褐变较为缓慢,贮藏结束时,各处理之间并无显著差异 ($p>0.05$)。相较于 N 组,微孔包装内气体不断与外界气体进行置换,果梗失水较为严重。贮藏 8 d 后, M₁、M₂、M₃、M₄ 的果梗褐变指数分别为 79.10%、73.60%、66.70%、80.27%,其中, M₃ 处理果梗褐变较慢 ($p<0.05$)。

果实腐烂率是作为感官品质直观反映果实贮藏质量的主要指标^[23]。无氧环境下抑制微生物的生长,导致 N 组处理在贮藏过程中只出现轻微腐烂现象,贮藏结束时, N 组处理之间差异不显著 ($p>0.05$)。与 N 组相比,低浓度 SO₂ (M₁、M₂) 处理腐烂率较高,果实衰老速度较快,第 5 d 时, M₁、M₂ 处理均已出现腐烂现象,第 8 d 时,腐烂率达到 13.81%、14.63%,显著高于 M₃、M₄ 处理 ($p<0.05$), M₃ 处理腐烂率为 6.67%,保持最低。

通过以上试验表明,无孔包装条件下果实硬度、TSS 含量呈现显著下降趋势,但果梗褐变和腐烂率变化趋势平缓;微孔包装能够延缓果实硬度、TSS 含量的下降趋势,贮藏结束时依旧保持较好的口感。另外, M 组果梗褐变和腐烂率较为严重,但无氧呼吸导致红地球葡萄品质发生劣变,果实产生不良风味,已无商品价值。在贮运过程中,对 MA 包装进行微孔处理显得尤为重要。

表 3 不同包装对红地球葡萄硬度、TSS 含量、果梗褐变、腐烂率的影响(微孔)

Table 3 Effects of different packaging on the hardness, TSS content, browning and decay rate of red globe grapes (microporous)

贮藏天数/d	处理 M 组	硬度/N	TSS/%	果梗褐变/%	腐烂率/%
0		15.58±0.24	18.68±0.20	0	0
1	M ₁	14.91±0.49 ^a	17.8±30.25 ^a	10.83±0.43 ^a	0
	M ₂	14.28±0.21 ^a	17.51±0.20 ^a	12.22±0.25 ^a	0
	M ₃	13.47±0.23 ^b	18.00±0.19 ^a	12.10±0.22 ^a	0
	M ₄	13.90±0.25 ^{ab}	17.70±0.20 ^a	10.33±0.81 ^a	0
3	M ₁	11.66±0.39 ^b	17.67±0.22 ^a	27.22±0.43 ^a	0.63±0.64 ^a
	M ₂	12.57±0.22 ^a	16.73±0.20 ^a	25.00±0.81 ^a	0 ^a
	M ₃	13.44±0.10 ^a	17.60±0.22 ^a	25.00±0.22 ^a	0 ^a
	M ₄	12.25±0.19 ^{ab}	17.60±0.20 ^a	23.22±0.73 ^a	0 ^a
5	M ₁	11.23±0.30 ^b	17.20±0.20 ^a	50.00±0.00 ^a	3.52±0.55 ^a
	M ₂	12.69±0.19 ^a	16.80±0.22 ^a	50.00±0.25 ^a	1.25±0.67 ^b
	M ₃	12.61±0.28 ^a	17.53±0.21 ^a	41.60±0.43 ^b	0 ^b
	M ₄	11.58±0.10 ^{ab}	16.90±0.10 ^a	33.33±0.47 ^b	0 ^b
6	M ₁	10.93±0.25 ^b	17.07±0.15 ^a	61.10±0.73 ^a	4.61±0.51 ^a
	M ₂	12.00±0.19 ^a	16.60±0.22 ^{ab}	62.50±0.43 ^a	3.01±0.51 ^{ab}
	M ₃	12.12±0.19 ^a	17.13±0.21 ^a	54.17±0.43 ^b	1.46±0.63 ^b
	M ₄	11.33±0.29 ^{ab}	16.08±0.14 ^b	58.33±0.39 ^{ab}	2.51±0.79 ^a
7	M ₁	10.35±0.22 ^a	16.63±0.15 ^a	62.50±0.50 ^{ab}	10.07±0.63 ^a
	M ₂	10.65±0.13 ^a	15.71±0.20 ^b	66.67±0.43 ^a	8.57±0.33 ^a
	M ₃	11.09±0.27 ^a	17.10±0.20 ^a	58.33±0.25 ^b	5.42±0.92 ^b
	M ₄	10.04±0.24 ^a	15.83±0.14 ^b	62.50±0.25 ^{ab}	5.82±0.66 ^b
8	M ₁	9.37±0.22 ^b	15.53±0.15 ^{ab}	79.10±0.22 ^a	13.81±0.59 ^a
	M ₂	9.46±0.29 ^b	15.20±0.20 ^b	73.60±0.47 ^b	14.63±0.68 ^a
	M ₃	10.76±0.21 ^a	16.67±0.17 ^a	66.70±0.43 ^c	6.67±0.75 ^b
	M ₄	10.15±0.18 ^{ab}	15.43±0.15 ^{ab}	80.27±0.39 ^a	7.44±0.50 ^b

2.3 气调熏蒸方式对红地球葡萄 pH 值的影响

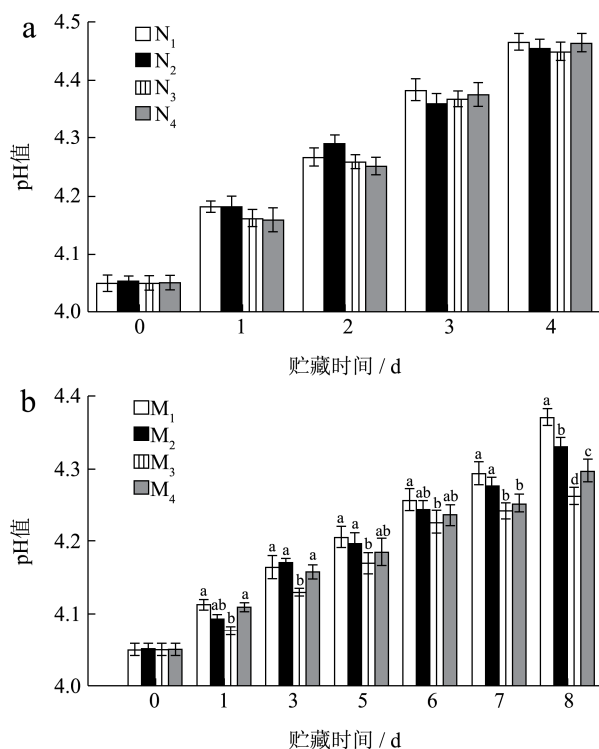


图3 不同包装对红地球葡萄 pH 值的影响

Fig.3 Effects of different packaging on the pH of red globe grapes

注: a: 无孔包装; b: 微孔包装。不同小写字母代表在 $p < 0.05$ 水平下有显著性差异。下同。

植物细胞内的许多酶促反应收到pH的显著影响,植物细胞内的生命活动能正常进行,维持一定的 pH 是至关重要的^[24]。由图 3a 可知,红地球葡萄 pH 值呈现显著上升。在贮藏期间, N 组进行无氧呼吸,葡萄糖经糖酵解途径产生丙酮酸和 H^+ , 无氧条件下大量 H^+ 结合丙酮酸产生乙醇,导致果肉汁液 pH 快速上升。贮藏结束时, N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理的 pH 值分别为 4.48、4.43、4.45、4.46, 各处理之间差异不显著 ($p < 0.05$)。

由图 3b 可知,随着贮藏时间的延长, pH 呈现出上升趋势。与 N 组不同, M 组进行有氧呼吸, O_2 结合经糖酵解、氧化磷酸化生成的 H^+ 产生 H_2O , H^+ 缓慢消耗,果肉汁液 pH 缓慢上升。贮藏前期,微孔包装内 O_2 平稳上升,葡萄呼吸作用减弱,降低其新陈代谢速率,减缓其成熟老化,从而达到较好的保鲜效果,使红地球葡萄有效维持一定 pH,微孔包装能够有效减缓 pH 的上升趋势。随着贮藏时间的延长,低浓度 SO_2 (M_1 、 M_2) 腐烂现象较为严重,果实内部组织衰老进程加剧,有机酸在代谢中快速分解, H^+ 浓度下降,果肉汁液 pH 开始快速升高。贮藏结束时, pH 值大小关系 M_1 (4.37) > M_2 (4.34) > M_4 (4.26) > M_3 (4.30),

M_3 处理 pH 上升最为缓慢,且 M_3 处理与其它处理之间差异性显著 ($p < 0.05$)。以上试验分析表明,微孔包装可抑制果实呼吸速率,使果肉汁液 pH 保持在较理想的范围。

2.4 气调熏蒸方式对红地球葡萄 TA 含量的影响

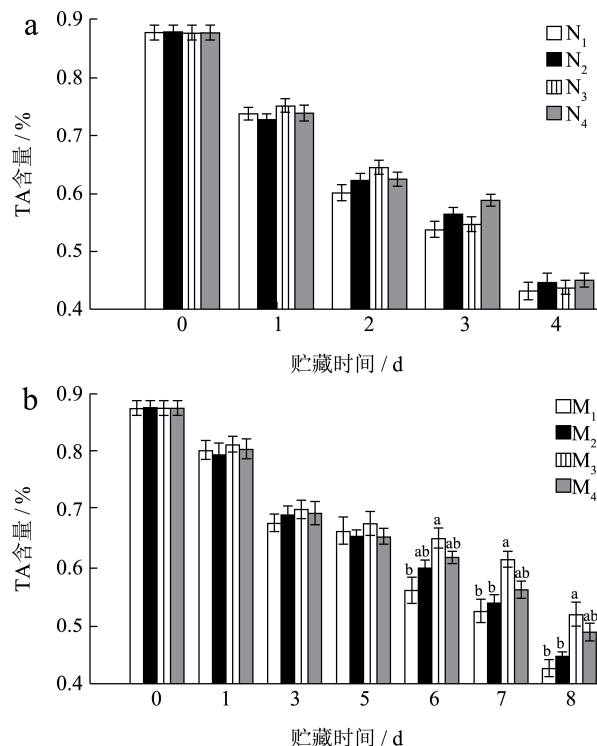


图4 不同包装对红地球葡萄 TA 含量的影响

Fig.4 Effects of different packaging on the TA content of red globe grapes

随着贮藏时间的延长,葡萄果实的衰老加剧,酸类物质常常因生理代谢而被消耗,可滴定酸 (TA) 含量逐渐减少^[25]。由图 4a 可知, TA 含量呈现显著下降趋势。N 组处理透气性差,在贮藏期间进行无氧呼吸,大量 H^+ 被消耗,有机酸含量快速下降,贮藏 4 d 后, N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理 TA 含量分别为 0.43%、0.45%、0.44%、0.47%,且 N 组各处理之间差异不显著 ($p < 0.05$)。适宜的糖酸比 (合适的葡萄糖酸比应为 35 左右^[26]) 能保持葡萄的商品价值,在贮藏期间,有机酸含量下降较快,糖酸比呈现上升趋势。由表 4 可知,第 2 d 时, N 组糖酸比在 42 左右,商品性降低。贮藏 4 d 后, N 组的糖酸比已完全失衡,不具有商品性。

由图 4b 可知,红地球葡萄 TA 含量均呈现下降趋势。葡萄中主要含酒石酸,在贮藏过程中,酒石酸作为呼吸作用底物被消耗,葡萄作为非跃变型水果,没有呼吸高峰,因此 TA 下降趋势较为平缓,本试验的

研究结果符合这一变化。与 N 组处理相比, M 组处理在贮藏前 5 d TA 含量下降幅度较小, 这与包装内形成适宜 O₂、CO₂ 比例有关, 微孔包装能减弱果实的呼吸强度, 使呼吸底物有机酸的消耗变慢, 微孔包装能够延缓 TA 含量的降低。贮藏 8 d 后, M₁、M₂、M₃、M₄ 处理 TA 含量分别为 0.43%、0.45%、0.52%、0.49%, M₃ 处理下降幅度最为平缓 ($p < 0.05$)。研究结果与纪颖等^[27]在桔柚中研究结果一致, 微孔包装可有效延缓

葡萄 TA 含量的下降, 维持果实的贮藏品质。糖酸比 (表 4) 整体呈现上升趋势, 贮藏 8 d 后, M₁、M₂ 处理葡萄试样已不具备商品性, M₄ 处理商品价值下降, M₃ 处理在贮藏结束时仍具有一定商品价值。通过以上试验表明, 无孔包装进行无氧呼吸, 导致葡萄原有风味发生变化, 品质劣变, 不具有商品性。微孔包装能够调节包装内气体成分, 减缓正常生理代谢速率, 较好的保持红地球葡萄原有风味, 并具有一定商品性。

表 4 不同包装对红地球葡萄糖酸比的影响 (无孔)

Table 4 Effects of different packaging on the ratio of gluconic acid in the red earth (non-porous)

处理	糖酸比 (TSS/TA)				
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d
N ₁	23.21±0.35	32.16±0.68 ^a	40.05±0.55 ^a	49.93±0.57 ^a	68.58±0.64 ^a
N ₂	23.21±0.35	34.10±0.69 ^a	42.39±0.75 ^a	50.22±0.45 ^a	66.84±0.65 ^a
N ₃	23.21±0.35	33.58±0.55 ^a	41.58±0.55 ^a	52.84±0.77 ^a	68.34±0.70 ^a
N ₄	23.21±0.35	34.67±0.43 ^a	42.57±0.47 ^a	51.04±0.45 ^a	67.78±0.56 ^a

表 5 不同包装对红地球葡萄酸比的影响 (微孔)

Table 5 Effects of different packaging on the acid ratio of red globe grape (microporous)

处理	糖酸比 (TSS/TA)							
	0 d	1 d	3 d	5 d	6 d	7 d	8 d	
M ₁	23.21±0.35	23.78±0.69 ^a	28.49±0.61 ^a	32.44±0.48 ^a	37.96±0.37 ^a	40.14±0.58 ^a	53.42±0.76 ^a	
M ₂	23.21±0.35	24.38±0.62 ^a	27.08±0.66 ^a	33.08±0.85 ^a	36.27±0.45 ^a	39.07±0.56 ^a	48.72±0.62 ^{ab}	
M ₃	23.21±0.35	24.49±0.79 ^a	27.83±0.76 ^a	31.40±0.45 ^a	32.72±0.52 ^b	35.94±0.69 ^b	39.54±0.53 ^c	
M ₄	23.21±0.35	25.29±0.62 ^a	28.48±0.56 ^a	29.91±0.33 ^a	34.59±0.45 ^{ab}	38.38±0.53 ^{ab}	43.86±0.62 ^b	

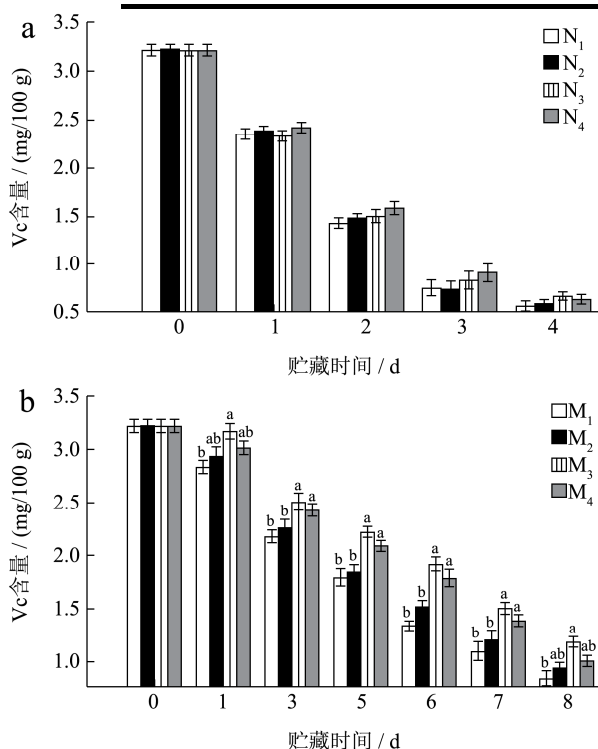


图 5 不同包装对红地球葡萄 Vc 含量的影响

Fig.5 Effects of different packaging on the Vc content of red globe grapes

2.5 气调熏蒸方式对红地球葡萄 Vc 含量的影响

Vc 是一种还原性物质, 可以清除掉果蔬中正常代谢所产生的自由基, 保护细胞组织免受损害而延缓果实衰老的速度^[28]。由图 5a 可知, N 组所有葡萄试样在贮藏期间均呈现显著下降趋势。无氧呼吸产生大量 CO₂, 适宜的 CO₂ 浓度能够有效维持葡萄果实 Vc 含量, 但高 CO₂ 环境造成葡萄果实正常生理代谢紊乱, 大量营养物质被消耗, Vc 含量快速下降。贮藏 4 d 后, N₁、N₂、N₃、N₄ 处理 Vc 含量分别为 0.65、0.75、0.67、0.73 mg/100 g, N 组各处理之间差异不显著 ($p < 0.05$)。

由图 5b 可知, Vc 含量呈现整体下降的趋势, Vc 在贮藏过程逐渐被氧化而减少。相较于 N 组, M 组在贮藏前期 Vc 含量的降低速率较慢, 微孔包装能够减缓葡萄果实呼吸速率, 也可能与葡萄是呼吸非跃变水果有关。低浓度 SO₂ (M₁、M₂) 腐烂较为严重, 果肉 Vc 含量下降较快, 显著 ($p < 0.05$) 低于同一贮藏期内 M₃ 和 M₄ 处理的果肉 Vc 含量。贮藏后期, Vc 含量的降低速率加快, 是由于包装盒内产生大量 CO₂, 适宜

的 CO₂ 浓度能够有效维持葡萄果实 Vc 含量, 但 CO₂ 浓度过高, 超出一定阈值范围时, 效应值反而越低^[29], 也可能是果实内部酸性减弱使 Vc 等营养物质被氧化分解的速度加快。贮藏 8 d 后, 各处理 Vc 含量关系为: M₃(1.18 mg/100 g)>M₄(1 mg/100 g)>M₂(0.92 mg/100 g)>M₁(0.83 mg/100 g), M₁、M₂、M₄ 处理的果实 Vc 含量比采收当天下降 74%、72%、68%, M₃ 处理果实 Vc 含量下降不到 60%, 高于其它处理 ($p<0.05$)。通过以上试验表明, 微孔包装延缓 Vc 含量的迅速下降, 并能达到较好的保鲜效果, 使贮藏后的葡萄保持较高的 Vc 含量。

3 结论

气调熏蒸微孔包装方式可有效延长红地球葡萄电商物流的货架期, 维持其营养物质和商品价值。贮藏 8 d 后, 500 μL/L SO₂+5% O₂+8% CO₂ 处理 (M₃) 减缓了红地球葡萄在贮藏期果梗褐变, 降低腐烂率, 提高果实保鲜质量, 较好地维持葡萄的 TSS 含量, 延缓 TA 含量的下降从而保持糖酸比在一定理想范围内。M₃ 处理可显著延缓 Vc 含量的迅速下降, 减少葡萄营养指标的损失; 可以减缓 pH 上升趋势, 维持葡萄果实采后品质, 保持红地球葡萄的电商物流销售商品性。本研究为新疆鲜食葡萄电商物流“个性化”包装保鲜技术提供理论依据和技术支持。

参考文献

- [1] 吴斌, 闫师杰, 王文生. 新疆葡萄贮藏保鲜现状与产业技术提升途径[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(4): 1-5
WU Bin, YAN Shijie, WANG Wensheng. Situation of storage and transport and industry promoting ways of table grape in Xinjiang [J]. Preservation and Processing, 2016, 16(4): 1-5
- [2] 张健雄, 李平. “红提”葡萄采后贮藏保鲜技术研究进展[J]. 北方园艺, 2016, 10: 181-184
ZHANG Jianxiong, LI Ping. Research progress of postharvest preservation technology on 'Red Globe' grape [J]. Northern Horticulture, 2016, 10: 181-184
- [3] Sortino G, Allegra A, Passafiume R, et al. Postharvest application of sulphur dioxide fumigation to improve quality and storage ability of "Red Globe" grape cultivar during long cold storage [J]. Chemical Engineering Transactions (CET Journal), 2017, 58: 403-408
- [4] Morris J R, Fleming J W, Benedict R H, et al. Effects of sulfur dioxide on postharvest quality of mechanically harvested grapes [J]. Arkansas Farm Research, 1972, 21(2): 5
- [5] Mustonen H M. The efficiency of range of sulfur dioxide generating quality of Camleria table grapes [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1992, 32: 389-393
- [6] Naouel A, Francesco G, Giuseppe A, et al. Effect of ozone or carbon dioxide pretreatment during long-term storage of organic table grapes with modified atmosphere packaging [J]. LWT, 2018, 98: 170-178
- [7] Oluwafemi J, Caleb, Pramod V, et al. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences - a review [J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(2): 303-329
- [8] Giuseppe A, Francesco G, Attilio M, et al. Characterization of an innovative device controlling gaseous exchange in packages for food products [J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 138: 64-73
- [9] Crisosto C H, Garner D, Crisosto G. High carbon dioxide atmospheres affect stored 'Thompson seedless' table grapes [J]. HortScience, 2002, 37: 1074-1078
- [10] Candir E, Ozdemir A E, Kamiloglu O, et al. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red globe' table grapes during storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63: 98-106
- [11] 张家国, 李宁, 郭风军. 葡萄采后保鲜技术的研究进展[J]. 中国果菜, 2019, 39(9): 20-24, 52
ZHANG Jianguo, LI Ning, GUO Fengjun. Research progress on postharvest preservation technology of grape [J]. China Fruit and Vegetable, 2019, 39(9): 20-24, 52
- [12] 刘程宏, 段罗顺, 柴丽娜, 等. 鲜食葡萄贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5376-5381
LIU Chenghong, DUAN Luoshun, CHAI Lina, et al. Research advances on storage and fresh-keeping technology of table grape [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(16): 5376-5381
- [13] 李文生, 杨军军, 王宝刚, 等. SO₂ 保鲜剂结合高 CO₂ 处理对葡萄贮藏效果的研究[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 38-39, 44
LI Wensheng, YANG Junjun, WANG Baogang, et al. Effects of SO₂ preservative combined with high CO₂ treatment on storage of grape [J]. Food Science and Technology, 2013, 38(11): 38-39, 44
- [14] 马俊英. 华北南部葡萄的田间管理、采收及储藏运输[J]. 农业开发与装备, 2017, 3: 150-152
MA Junying. Field management, harvesting, storage and transportation of grapes in southern north China [J]. Agricultural Development and Equipments, 2017, 3: 150-152
- [15] Carlos H, Crisosto, Abbas Hassani, et al. Evaluation of essential oils for maintaining postharvest quality of

- Thompson seedless table grape [J]. *Natural Product Research*, 2012, 26(1): 77-83
- [16] 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,2007:28-50
CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 28-50
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.GB/T 6195-1986 水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚靛酚滴定法)[S].北京:中国标准出版社,1986
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB/T 6195-1986 Determination of Vitamin C in Fruits and Vegetables (2,6-Dichlorophenol Indophenol Titration Method) [S]. Beijing: China Standard Press, 1986
- [18] Artes H, Tomas B. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO₂-free 'Superior seedless' table grapes [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 39(2): 146-154
- [19] 佟继旭,朱志强,赵瑞瑞,等.不同 SO₂ 保鲜剂对红地球葡萄采后贮藏品质的影响[J].农产品质量与安全,2019,1:19-23
TONG Jixu, ZHU Zhiqiang, ZHAO Ruirui, et al. Effects of different SO₂ preservatives on the postharvest storage quality of red globe grapes [J]. *Quality and Safety of Agro-Products*, 2019, 1: 19-23
- [20] Christian S S, Ivan B, Pablo S, et al. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on rachis quality of 'Red globe' table grape variety [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, 119: 33-40
- [21] Champa W A H, Gill M I S, Mahajan B V C, et al. Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. flame seedless [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52(6): 3607-3616
- [22] 李具鹏,傅茂润,杨晓颖.1-MCP 处理对采后葡萄果梗褐变及叶绿素降解相关基因的影响[J].食品工业科技,2018,39(20):268-273
LI Jupeng, FU Maorun, YANG Xiaoying. Effect of 1-MCP treatment on postharvest browning and chlorophyll breakdown pathway related genes in grape rachis [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(20): 268-273
- [23] 马骏,杨小玲,李春媛,等.不同保鲜方法对新疆木纳格葡萄贮藏效果的影响[J].保鲜与加工,2013,13(3):24-27
MA Jun, YANG Xiaoling, LI Chunyuan, et al. Study of different preservation methods on the preservation effects of Munage grapes [J]. *Storage and Process*, 2013, 13(3): 24-27
- [24] 刘丹丹,李志刚,张小栓,等.氧气与二氧化碳气调结合冰温对“红地球”葡萄贮运品质的影响[J].北方园艺,2018,21:142-147
LIU Dandan, LI Zhigang, ZHANG Xiaoshuan, et al. Effect of oxygen and carbon dioxide with temperature on storage quality of 'Red globe' grape [J]. *Northern Horticulture*, 2018, 21: 142-147
- [25] Ranjbaran E, Sarikhani H, Wakana A, et al. Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape [J]. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu*, 2011, 56(2): 263-269
- [26] 梁睢,郭红梅,郭峰.赤霉素处理对“无核白”葡萄糖酸比的影响[J].北方果树,2013,5:8-10
LIANG Ju, GUO Hongmei, GUO Feng. Effects of gibberellin treatment for Thompson seedless grape's sugar acid ratio [J]. *Northern Fruits*, 2013, 5: 8-10
- [27] 纪颖,林河通,蒋璇靓,等.不同保鲜薄膜袋包装对建阳桔柚贮藏保鲜效果的影响[J].热带作物学报,2018,39(7):1431-1439
JI Ying, LIN Hetong, JIANG Xuanliang, et al. Effects of different film bag packaging on storage behavior of 'Jianyang Tan-gelo' fruit [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(7): 1431-1439
- [28] 张永福,莫丽玲,董翠莲,等.外源SA和SNP对“水晶”葡萄采后防腐保鲜效果的影响[J].中国南方果树,2016,45(3):35-41, 48
ZHANG Yongfu, MO Liling, DONG Cuilian, et al. Effects of exogenous SA and SNP on fresh-keeping of 'Shuijing' grape [J]. *South China Fruits*, 2016, 45(3): 35-41, 48
- [29] 贾晓辉,王文辉,佟伟,等.自发气调包装对库尔勒香梨采后生理及贮藏品质的影响[J].中国农业科学,2016,49(24): 4785-4796
JIA Xiaohui, WANG Wenhui, TONG Wei, et al. Effects of spontaneous modified atmosphere packaging on postharvest physiology and storage quality of Korla fragrant pear [J]. *Chinese Agricultural Sciences*, 2016, 49(24): 4785-4796