

红提葡萄 SO₂ 脉冲式防腐保鲜技术

贾晓昱¹, 杨维巧², 潘艳芳¹, 李喜宏¹, 赵志永³, 杜美军¹, 李悦明⁴

(1.天津科技大学 食品工程与生物技术学院天津科技大学省部共建食品营养与安全国家重点实验室, 天津 300457; 2.天津捷盛东辉保鲜科技有限公司, 天津 300300; 3.新疆农垦科学院农产品加工研究所, 石河子 832000; 4.长融汇通(天津)食品科技研发有限公司, 天津 300457)

摘要: **目的** 针对红提葡萄保鲜时存在的药害、失水、落粒和腐烂等问题, 研究 SO₂ 脉冲式熏蒸防腐的最佳浓度、时间参数。 **方法** 以新疆红提葡萄为实验材料, 采用脉冲式防腐设备精准定量控制, 研究不同脉冲防腐方式对红提葡萄贮藏期可滴定酸、电导率、质量损失率、多酚氧化酶活性等理化指标的影响。 **结果** 首先用 SO₂ (体积分数 1%) 循环熏蒸 30 min, 之后每间隔 15 d 采用 SO₂ (体积分数 0.2%) 循环熏蒸 30 min, 可有效抑制有机酸的消耗, 保持细胞膜的完整性, 抑制代谢, 防止腐烂和落粒, 保鲜期延长至 180 d, 漂白指数仅为 0.3, 果粒 SO₂ 残留量仅为 3.1 mg/kg。 **结论** 脉冲式防腐显著延长了红提葡萄的贮藏期, 保证了较佳的贮藏品质, 解决了传统保鲜纸 SO₂ 释放不均衡、果粒漂白和残留量偏高等产业难题。

关键词: 红提葡萄; 脉冲式防腐; 保鲜; SO₂ 残留

中图分类号: S663.1; S609+.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)09-0022-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.09.004

SO₂ Pulsed Antisepsis and Fresh-keeping Technology of Red Grape

JIA Xiao-yu¹, YANG Wei-qiao², PAN Yan-fang², LI Xi-hong¹, ZHAO Zhi-yong³,
DU Mei-jun¹, LI Yue-ming⁴

(1.College of Food Engineering and Biotechnology, State Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457; 2.Tianjin Gasin-DH Preservation Technologies Limited Co., Ltd., Tianjin 300300; 3.Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000; 4.Changrong Huitong (Tianjin) Food Science and Technology Research and Development Co., Ltd., Tianjin 300457)

ABSTRACT: The paper aims to study the optimal concentration and time parameters of SO₂ pulse fumigation anticorrosion to solve the problems of preservative phytotoxicity, water loss, granulation and decay of red grape. With Xinjiang Red Grape as test material, pulsed anti-corrosion equipment was applied to accurately and quantitatively control the experimental process. The effects of different pulse preservative methods on physicochemical indexes such as titratable acid, conductivity, mass loss rate and polyphenol oxidase activity during red grape storage were studied. The best way for anti-corrosion of red grape was to fumigate for 30 min for the first time with SO₂ at concentration of 1%, and then fumigate for 30 min at 0.2% every 15 days. This fumigation method could effectively inhibit the consumption of organic acids during storage of red grapes, maintain cell membrane integrity, and inhibit metabolism, rot and fall. The shelf life was extended to 180 days. The bleaching index was only 0.3. And the SO₂ residue of fruit was only 3.1 mg/kg. Pulse anti-corrosion

收稿日期: 2019-03-18

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2018YFD0401305-5); 天津市科技计划(18ZXRHNC00070, 17PTWYHZ00030); 天津市食品冷链物流工程技术中心建设项目(20171204)

作者简介: 贾晓昱(1988—), 男, 天津科技大学博士生, 主要研究方向为农产品加工及贮藏。

通信作者: 李喜宏(1960—), 男, 博士, 天津科技大学教授, 主要研究方向为农产品加工及贮藏。

significantly improved the storage period and storage quality of red grape. This anti-corrosion method solves the industrial problems of unbalanced SO₂ release, high fruit bleaching rate and high SO₂ residue of traditional preservative paper.

KEY WORDS: red grape; pulsed antiseptics; preservation; SO₂ residue

红提葡萄是典型的鲜食品种,其果粒较大,果肉硬脆,营养丰富,是市场最受欢迎的鲜食葡萄品种之一。红提葡萄每年因采收、包装、贮藏等技术不当造成的腐烂损失占总产量的20%以上^[1],主要原因:采收、运输过程易产生机械损伤;果皮薄,表皮蜡质结构疏松,容易受到保鲜剂的伤害^[2-3];红提葡萄味甜多汁,含水率在80%以上,贮藏保鲜过程中因温度、湿度变化易干梗,萎蔫,褐变,因而易遭受霉菌侵染^[4-5]。

目前,国内外红提葡萄保鲜产业化应用的主要是低温结合 SO₂ 类保鲜剂,自 19 世纪 20 年代以来,SO₂ 就被用于葡萄保鲜。具体使用方式有硫磺燃烧熏蒸、大帐熏蒸^[6]、亚硫酸盐保鲜片缓释等,在硫磺燃烧熏蒸过程中无法准确控制 SO₂ 浓度,且污染环境。亚硫酸盐保鲜片剂、粉剂易受到保鲜剂配方、工艺、使用标准、使用剂量、摆放位置、包装袋密封性等的影响,常出现药效释放不均、药害、漂白、霉烂、异味等问题^[7]。近年来,国内外研究人员开发出多种红提葡萄新型贮藏技术,李月明等^[8]使用可降解壳聚糖淀粉抗菌复合膜保鲜红提葡萄,贮藏 60 d 后,好果率仍达到 60%以上。吕明珠等^[9]使用体积分数为 1.0% 的肉桂精油在 2 ℃,相对湿度 90% 条件下保鲜红提葡萄,可有效抑制呼吸强度,保鲜期可达 63 d。另外,也有学者采用 1-MCP^[10]、冰温^[11]、臭氧^[12]、醋酸^[13]、涂膜技术^[14]等方法保鲜葡萄,不过 SO₂ 仍然是目前红提葡萄保鲜的最有效手段^[15-16]。

文中使用标准 SO₂ 气体,采用脉冲式防腐设备,精准控制 SO₂ 循环熏蒸浓度和时间,研究红提葡萄脉冲式(间歇式)防腐的最佳参数条件,以降低 SO₂ 残留量,提高贮藏效果,保障葡萄食用安全。

1 实验

1.1 材料与设备

供试红提葡萄采收于新疆哈密地区兵团第十三师葡萄基地,选择果粒大小、着色一致,果肉硬脆,果粒、果梗无病虫害的红提葡萄,将其装入内衬打孔 PE 袋的塑料箱中,空运至天津科技大学农产品物流保鲜与加工实验室,在温度 -1~-0.5 ℃ 下敞口预冷 24 h,挽口码垛,然后放置在相温气调保鲜箱内,每个相温气调箱装果 60 kg,每框葡萄净质量为 6 kg。

实验用 SO₂ 气体的纯度 ≥99.99%。文中熏蒸 SO₂ 浓度均以体积分数计,设置 3 个红提葡萄处理组。

1) TR1 组。首次 SO₂ 熏蒸浓度为 0.1%,每间隔 15 d 循环熏蒸 1 次,循环熏蒸时间为 120 min。

2) TR2 组。首次 SO₂ 气体熏蒸浓度为 1%,循环熏蒸时间为 30 min,之后每间隔 15 d 循环熏蒸 1 次,体积分数为 0.2%,循环熏蒸时间为 30 min。

3) TR3 组。SO₂ 气体体积分数为 0.2%,每间隔 15 d 循环熏蒸 1 次,熏蒸时间为 30 min。

循环熏蒸处理采用果蔬脉冲式防腐机(天津捷盛东辉保鲜科技有限公司生产,SO₂ 控制精度为 0.0001%),熏蒸结束后设备运行脱硫程序,2~3 h 内脱净箱内的 SO₂,3 个相温气调箱均控温((-0.5±0.1)℃)、控湿(90%~95%),O₂ 体积分数为 2%~3%,CO₂ 体积分数为 2%~3%。对照组(CK)红提葡萄使用 CT-2 保鲜剂 8 包(缓释型)+CT-5 保鲜剂 2 包(快速释放型),装入未打孔 PE 保鲜袋内,并扎紧袋口,放置在冷库内贮藏,温度控制在(-0.5±0.5)℃内。每隔 30 d 取样监测指标,每个处理重复 3 次,每次葡萄质量为 4 kg。

1.2 测定指标与方法

1) 可滴定酸、多酚氧化酶(PPO)活性、过氧化物酶(POD)活性的测定参考曹建康方法^[17]。

2) 电导率,采用果肉相对电导率^[18]电导仪法测定。

3) 质量损失率,采用差重法,腐烂率、落粒率以贮藏前后腐烂果粒数百分比计^[19]。

4) 漂白指数,以果粒表面漂白面积占总表面积的比例来确定,分级标准 M_i 为: M_0 级,无漂白点; M_1 级,轻微漂白; M_2 级,漂白面积 < 1/5; M_3 级,1/5 ≤ 漂白面积比 < 1/4; M_4 级,1/4 ≤ 漂白面积比 < 1/3; M_5 级,漂白面积比 ≥ 1/3。

$$\text{果粒漂白指数}(\%) = \frac{\sum(M_i \times A_i)}{A_2 \times M_{\max}} \times 100\%$$

式中: M_i 为漂白果粒对应的分级标准; A_1 为对应的果粒数; A_2 为果粒总数; M_{\max} 为最高级数。

5) 丙二醛,采用硫代巴比妥酸法^[20]。

6) SO₂ 残留量,采用蒸馏碘量法的改进法^[21]。

1.3 数据处理与分析

实验结果数据使用 Origin 9 统计处理,采用 SPSS 19.0 分析差异显著性。

2 结果与讨论

2.1 不同 SO₂ 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏可滴定酸含量的影响

SO₂ 浓度对水果中有机酸含量的影响^[22]见图 1,

红提葡萄在贮藏期内可滴定酸呈下降趋势。第 180 天时,对照组的可滴定酸质量分数为 0.15%,而 TR1 处理组、TR2 处理组、TR3 处理组分别为 0.18%、0.25%、0.22%。均显著优于对照组,表明 SO_2 脉冲式防腐处理较传统保鲜处理可有效抑制可滴定酸值的下降。在不同脉冲处理组中,TR2 处理组效果最佳,可以有效抑制葡萄采后有机酸的消耗。

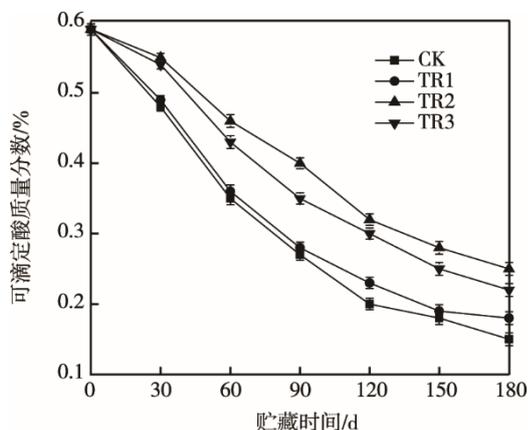


图 1 贮藏期不同处理组红提葡萄可滴定酸含量变化
Fig.1 Change of titratable acid content of each test treatment group in storage

2.2 不同 SO_2 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏相对电导率的影响

相对电导率可以反映葡萄遭受外界 SO_2 等恶劣环境的胁迫情况,主要表现为电导率上升。从图 2 可以看出,各处理组相对电导率值均呈上升趋势,其中,对照组和 TR1 组上升较快,在贮藏末期,CK 组、TR1 组、TR2 组和 TR3 组的相对电导率分别为 52%,49%,39%,41%。结果表明,保鲜纸处理的葡萄长时间浸泡在低浓度 SO_2 环境中

时, SO_2 对细胞膜会起过氧化作用,对细胞膜会造成一定伤害。TR1 组由于熏蒸时间过长,导致膜相对电导率值高于 TR2 和 TR3 组,说明熏蒸结束后快速脱除 SO_2 对降低红提葡萄膜损伤机率具有重要作用。

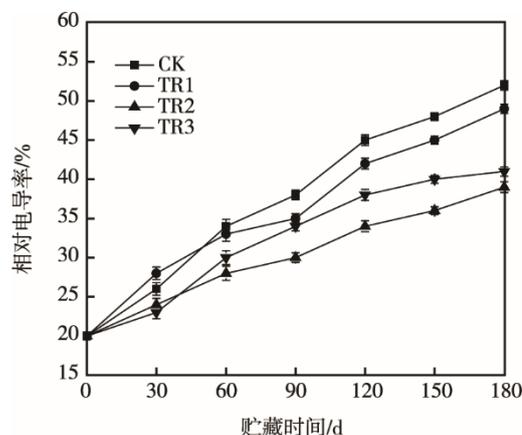


图 2 贮藏期不同处理组红提葡萄相对电导率含量变化
Fig.2 Change of the relative conductivity of each test treatment group in storage

2.3 不同 SO_2 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏质量损失率和腐烂率的影响

失重、腐烂、落粒、漂白是葡萄保鲜的主要难题,见表 1。红提葡萄贮藏 180 d 后,对照组保鲜剂缓释长时间 SO_2 浸泡式保鲜,其落粒率达 16.5%,漂白指数达 10.8, SO_2 脉冲式防腐最佳处理组是 TR2,贮藏 180 d 后,质量损失率仅为 3%,腐烂率为 3.9%,落粒率为 5.1%,漂白指数为 0.3。TR1 处理组由于脉冲熏蒸时间过长,虽然腐烂率最低,但是漂白指数较高,而 TR3 处理组的腐烂率高于 TR2 处理组,说明葡萄采后首次采用高浓度 SO_2 防腐具有重要作用。

表 1 不同处理组红提葡萄贮藏 180 d 时的质量损失率、腐烂率、脱粒率和漂白指数

Tab.1 Change of weight loss, decay, threshing rate and bleaching index of grape after storage of 180 days

组别	质量损失率/%	腐烂率/%	落粒率/%	漂白指数
CK组	6.1±0.12 ^a	13.9±0.19 ^a	16.5±0.29 ^a	10.8 ^a
TR1组	3.1±0.15 ^b	3.7±0.17 ^c	8.6±0.21 ^b	8.6 ^b
TR2组	3.0±0.11 ^b	3.9±0.16 ^c	5.1±0.18 ^c	0.3 ^c
TR3组	3.0±0.13 ^b	4.5±0.12 ^b	5.2±0.16 ^c	0.4 ^c

注:数据表示为平均值±标准偏差,各行处理间字母相同表示无显著性差异($P < 0.05$)

2.4 不同 SO_2 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏 PPO 活性的影响

Martinez (1995 年)^[23]研究指出,亚硫酸盐类保鲜剂可导致荔枝 PPO 活性的增大。由图 3 可知,贮藏过程中红提葡萄 PPO 活性呈现先上升后下降的趋势,TR1 处理组的变化程度最大,贮藏至 90 d 时,

PPO 活性为 13.2 U/g,且下降最快。多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)作为植物体内主要的酶促防御系统,当遭受低温、酸碱、 SO_2 等不利环境因子胁迫时,植物体相关酶活性会迅速上升,以保持果实的正常代谢活动。此次实验中,TR1 处理组中 SO_2 长时间熏蒸对红提葡萄的酶促防御体系造成了严重损伤,导致果实内抗氧化功能紊乱。TR2 处理组可以

较好地保持多酚氧化酶的活性。

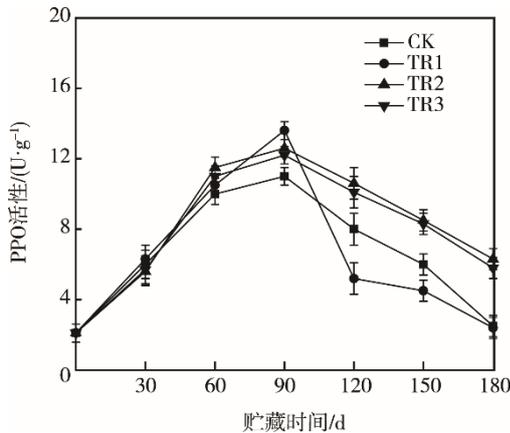


图 3 贮藏期不同处理组红提葡萄 PPO 活性的变化
Fig.3 Change of PPO active of each test treatment group in storage

2.5 不同 SO₂ 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏 POD 活性的影响

POD 主要催化植物组织中的过氧化氢，其活性高低与酚类代谢和果实抗性密切相关。葡萄耐受 SO₂ 机制与 POD 活性变化幅度相关。贮藏过程中红提葡萄 POD 活性呈先上升后下降的趋势（见图 4）。TR1 组由于 SO₂ 熏蒸处理时间长，会刺激 POD 活性的变化，导致葡萄的 POD 活力最高。在贮藏 180 d 时，CK 组的 POD 活性为 6.5 U/g，TR2 组保持 POD 活性能力显著优于其他处理组，其 POD 活性为 12.1 U/g。

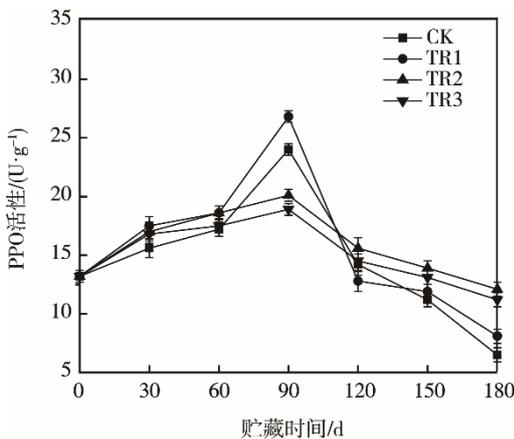


图 4 贮藏期不同处理组红提葡萄 POD 活性的变化
Fig.4 Change of POD activity of each test treatment group in storage

2.6 不同 SO₂ 脉冲防腐条件对红提葡萄贮藏丙二醛 (MDA) 的影响

环境胁迫和组织衰老使果蔬组织中活性氧产生和清除之间存在不平衡，导致活性氧的积累，诱发生物产生大量自由基，形成膜脂质过氧化和脱脂作用。在对生物细胞膜造成损伤的同时，产生了大量的膜脂

过氧化产物丙二醛 (MDA) [24]。丙二醛 (MDA) 作为植物组织的膜脂质过氧化作用主要产物之一，是评价膜脂质过氧化程度的重要指标。由图 5 可知，葡萄在整个贮藏过程中各处理组果实的丙二醛含量均呈上升状态，但是 CK 组和 TR1 组的丙二醛含量上升速度高于 TR2 和 TR3 处理组，说明 SO₂ 长时接触果实，会导致果肉丙二醛含量的上升速度过快，对细胞膜的完整性破坏程度较短时间熏蒸严重。SO₂ 短时间处理葡萄果肉的 MDA 含量上升缓慢，贮藏至 180 d 时，TR2 组 MDA 含量为 11.22 nmol/g，明显低于 TR1 组 MDA 含量 (17.51 nmol/g) 和对照组果实 MDA 含量 (20.02 nmol/g)。

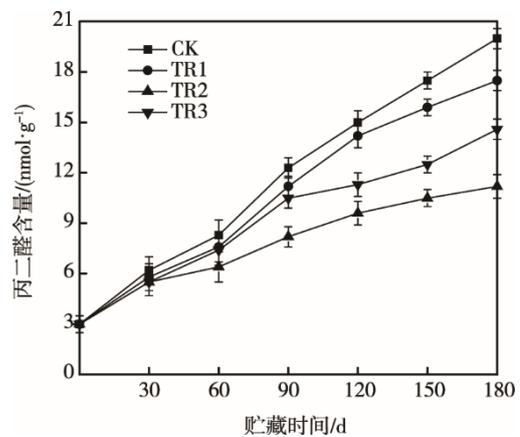


图 5 贮藏期不同处理组红提葡萄 MDA 含量的变化
Fig.5 Change of MDA content of each test treatment group in storage

2.7 不同 SO₂ 脉冲防腐条件对红提葡萄果肉 SO₂ 残留量的影响

由图 6 可知，随着贮藏时间的延长，果肉中 SO₂ 残留量呈上升趋势，贮藏 180 d 后，CK 组的 SO₂ 残留量已经达到 13 mg/kg，超过美国 FDA 标准 (10 mg/kg)；TR2 组的 SO₂ 残留量仅为 3.1 mg/kg，并且 TR2 和 TR3 组在贮藏期内，SO₂ 残留量无显著性差异

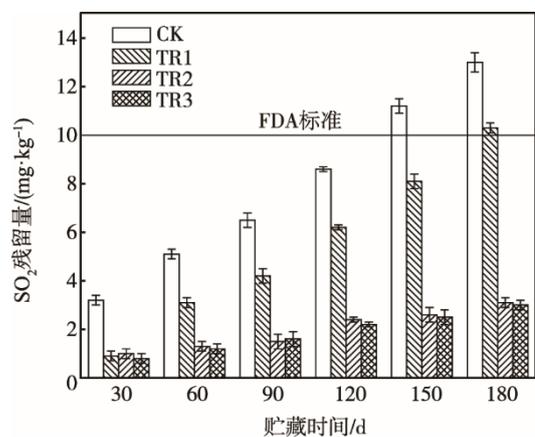


图 6 红提葡萄贮藏期内 SO₂ 残留量的变化
Fig.6 Change of SO₂ residues of red grape in storage

($P < 0.05$), 这说明脉冲式防腐 30 min, 并迅速脱除, 较防腐 120 min 后脱除和低浓度 SO_2 保鲜剂长时间浸泡 (CK 组) 可以显著降低贮藏期的 SO_2 残留量。

3 结语

葡萄保鲜的技术瓶颈是霉菌侵染腐烂, 主要原因是易感染灰霉病和霜霉病, 传统技术使用亚硫酸盐粉剂或片剂潮解释放 SO_2 , 以强氧化杀菌, 但果实易产生 SO_2 药害漂白, 残留量较大。红提葡萄对 SO_2 较敏感, 文中研究了红提葡萄采用不同脉冲式防腐处理。结果表明, TR2 处理可以有效保持可滴定酸的含量, 并保持细胞膜的完整性, 红提葡萄贮藏 180 d 时, 腐烂率仅为 3.9%, 漂白指数为 0.3, 且 SO_2 残留量为 3.1 mg/kg, 低于美国 FDA 限量, 贮藏效果良好。脉冲式防腐显著优于传统的片剂浸泡式处理, 在贮藏 180 d 内, 采用脉冲式防腐技术, 果实实际接触 SO_2 的累计时间仅为 6~7 h。该技术依靠脉冲式防腐设备精准定量、定时控制, 可进行商业化推广, 市场前景十分广阔。

参考文献:

- [1] 徐焱, 张哲, 董丽玮, 等. 贮藏过程中葡萄保鲜方法研究进展[J]. 冷藏技术, 2017, 40(4): 56—59.
XU Yao, ZHANG Zhe, DONG Li-wei, et al. Research Progress in Grape Preservation Methods during Storage[J]. Refrigeration Techniques, 2017, 40(4): 56—59.
- [2] 范晓燕, 张欢畅, 何曼, 等. 葡萄贮藏保鲜新技术研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2017, 31(4): 45—48.
FAN Xiao-yan, ZHANG Huan-chang, HE Man, et al. Research Progress in New Techniques of Grape Storage and Preservation[J]. Journal of Hebei Normal University of Science and Technology, 2017, 31(4): 45—48.
- [3] 邓彩霞, 张平. 新疆伊犁河谷红地球品种葡萄贮藏现状及保鲜产业发展对策[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(5): 62—66.
DENG Cai-xia, ZHANG Ping. The Storage Status of Red Earth Variety Grapes in Ili Valley of Xinjiang and Countermeasures for the Development of Fresh-keeping Industry[J]. Storage & Processing, 2015, 15(5): 62—66.
- [4] 刘丽青, 王燕楠, 仪慧兰. 二氧化硫对玫瑰香葡萄果实采后保鲜的机理[J]. 应用与环境生物学报, 2016, 22(2): 338—341.
LIU Li-qing, WANG Yan-nan, YI Hui-lan. The Mechanism of Sulfur Dioxide on Postharvest Freshness of Rose Grape Fruit[J]. Journal of Applied and Environmental Biology, 2016, 22(2): 338—341.
- [5] CHEN X, MU W, PETER S, et al. The Effects of Constant Concentrations of Sulfur Dioxide on the Quality Evolution of Postharvest Table Grapes[J]. Journal of Food & Nutrition Research, 2016, 55(2): 114—120.
- [6] 周江. 二氧化硫(SO_2)间歇熏蒸对红地球葡萄采后品质的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016: 20—35.
ZHOU Jiang. Effects of Sulfur Dioxide Intermittent Fumigation on Postharvest Quality of Red Globe Grapes during Storage[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016: 20—35.
- [7] 吴斌, 闫师杰, 王文生. 新疆葡萄贮运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 Shi-jie, WANG Wen-sheng. Situation of Storage and Transport and Industry Promoting Ways of Table Grape in Xinjiang[J]. Storage & Process, 2016, 16(4): 1—5.
- [8] 李月明, 张泓, 周三九, 等. 可降解壳聚糖淀粉抗菌复合膜对红提葡萄保鲜效果的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(5): 1579—1584.
LI Yue-ming, ZHANG Hong, ZHOU San-jiu, et al. Preservation Effect of Degradable Chitosan Starch Antibacterial Composite Membrane on Red Grape[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2017, 8(5): 1579—1584.
- [9] 吕明珠, 于爽, 朱恩俊. 肉桂精油对红提葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 272—277.
LYU Ming-zhu, YU Shuang, ZHU En-jun. Efficacy of Cinnamon Essential Oil for Preservation of Red Globe Table Grapes [J]. Food Science, 2016, 37(6): 272—277.
- [10] 彭勇, 孙佳佳, 石晶盈, 等. 醋酸代替二氧化硫用于巨峰葡萄防腐保鲜技术的研究[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(9): 188—195.
PENG Yong, SUN Jia-jia, SHI Jing-ying, et al. Study on the Application of Acetic Acid Instead of Sulfur Dioxide for Preservation and Preservation Technology of Jufeng Grape[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(9): 188—195.
- [11] 蒋春啟, 吴琼, 周然, 等. 魔芋葡甘聚糖涂膜对振动胁迫后鲜食葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 238—242.
JIANG Chun-qi, WU Qiong, ZHOU Ran, et al. Effects of Konjac Glucomannan Coating on Fresh-keeping of Fresh Grape after Vibration Stress[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(13): 238—242.
- [12] 邓冰, 韩云云, 张玉凤, 等. 1-MCP 结合 CT 复合保鲜剂对木纳格葡萄保鲜效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(1): 8—13.
DENG Bing, HAN Yun-yun, ZHANG Yu-feng, et al. Study on the Fresh-keeping Effect of 1-MCP Combined with CT Composite Preservative on Mu Na Ge Grape[J]. Preservation and Processing, 2018, 18(1): 8—13.
- [13] 张丹, 陈娟. 冰温贮藏技术在葡萄保鲜中的应用[J]. 烟台果树, 2017(3): 47—48.
ZHANG Dan, CHEN Juan. Application of Ice Temperature Storage Technology in Grape Preservation[J]. Yantai Guoshu, 2017(3): 47—48.

- [14] 李珍, 滕慧奇, 黄荣萍, 等. 臭氧和 SO₂ 类保鲜剂处理对红提葡萄保鲜效果的比较研究[J]. 农产品质量与安全, 2017(2): 66—71.
LI Zhen, TENG Hui-qi, HUANG Rong-ping, et al. Comparative Study on the Fresh-keeping Effect of Ozone and SO₂ Preservatives on Red Grapes[J]. Quality and Safety of Agricultural Products, 2017(2): 66—71.
- [15] 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 Jian-xiong, LI Ping. Research Progress on Postharvest Storage and Preservation Technology of "Red Grape" Grape[J]. Northern Horticulture, 2016(10): 181—184.
- [16] 王世军. 二氧化硫类防腐杀菌剂在葡萄保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(2): 1—6.
WANG Shi-jun. Application of Sulfur Dioxide Antiseptic Fungicide in Grape Preservation[J]. Storage & Processing, 2015, 15(2): 1—6.
- [17] 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—30.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance for Postharvest Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 28—30.
- [18] ZHANG J, HUANG W, PAN Q, et al. Improvement of Chilling Tolerance and Accumulation of Heat Shock Proteins in Grape Berries (*Vitis vinifera* cv Jingxiu) by Heat Pretreatment[J]. Postharvest Biology Technology, 2005, 38(1): 80—90.
- [19] 杨相政, 王保银, 李喜宏, 等. SO₂间歇熏蒸对红地球葡萄贮藏品质的影响[J]. 中国果树, 2014(1): 25—28.
YANG Xiang-zheng, WANG Bao-yin, LI Xi-hong, et al. Effects of SO₂ Intermittent Fumigation on the Storage Quality of Red Globe Grapes[J]. China Fruits, 2014(1): 25—28.
- [20] 高俊风. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2000: 159—198.
GAO Jun-feng. Experimental Techniques of Plant Physiology[M]. Xi'an: World Book Publishing House, 2000: 159—198.
- [21] VERRILLO A, TERESA A, GIARRUSSO P C, et al. Soybean Pritein Diets in the Management of Type II Hyperlipoproteinaemia[J]. Atherosclerosis, 1985, 54(3): 321—331.
- [22] SALUR-CAN A, TÜRKYILMAZ M, ÖZKAN M. Effects of Sulfur Dioxide Concentration on Organic Acids and β -carotene in Dried Apricots during Storage[J]. Food Chemistry, 2017, 221: 412—421.
- [23] MARTINEZ M, WHITAKER J R. The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning[J]. Trends Food Science Technology, 1995, 6(6): 195—200.
- [24] HODGES D M, DELONG J M, FORNEY CF, et al. Improving the Thiobarbituric Acid-reactive-substances Assay for Estimating Lipid Peroxidation in Plant Tissues Containing Anthocyanin and other Interfering Compounds[J]. Planta, 1999, 207(4): 604—611.