

酸性硫酸钙对红地球葡萄采后灰霉病的抑制

张恺洳¹, 翟荣臻¹, 米黑里巴¹, 白合提牙尔·玉素甫¹, 吴斌²

(1. 新疆农业大学食品科学与药学学院, 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: 灰霉病是引起葡萄采后贮藏运输过程中的主要病害之一, 为了探究酸性硫酸钙(ACS)对鲜食葡萄采后灰霉病的抑制及品质的影响。以红地球葡萄为试材, 采用 ACS (pH=5.45) 喷洒处理 20 s, 在 8±2 °C 条件下贮藏, 分析 ACS 处理对果实灰霉病 (*Botrytis cinerea*, *B. cinerea*) 病斑面积、发病率和菌落直径的抑制效果; 测定果实硬度、失重率、可溶性固形物、可滴定酸和电导率的变化, 研究 ACS 处理对葡萄采后灰霉病抑制作用和品质参数的影响。结果表明, ACS 处理能够显著抑制 *B. cinerea* 的生长, 在贮藏期 15 d 时, 病斑面积、发病率和菌落直径显著低于对照处理 ($p<0.05$), 分别降低了 67.02%、56.55%、98.16%, 抑菌率达到 96.06%。ACS 处理能显著降低损伤接种灰霉病的病斑面积和发病率, 在体外培养时对灰霉病发生也有显著的抑制作用。ACS 处理能降低葡萄果实失重率, 保持果实硬度, 抑制果实可溶性固形物含量的下降, 维持葡萄采后品质。ACS 作为 FDA 和 USDA 认证的一种新型高效杀菌防腐剂, 为鲜食葡萄采后保鲜技术的研究提供了新的方法。

关键词: 酸性硫酸钙; 灰霉病; 红地球葡萄; 贮藏品质

文章编号: 1673-9078(2020)08-134-140

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.8.0074

Inhibition of Acid Calcium Sulfate on Postharvest Red Globe Grapes of *Botrytis cinerea*

ZHANG Kai-ru¹, ZHAI Rong-zhen¹, MIHEILIBA¹, BAIHETIYAER·Yusufu¹, WU Bin²

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

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

Abstract: *Botrytis cinerea* is one of the main diseases that cause postharvest storage and transportation of grapes. In order to investigate the effects of acid calcium sulfate (ACS) on the suppression and quality of fresh grapes after harvest, Red Globe grape was used as the test material, sprayed with ACS (pH=5.45) for 20 s, and stored at (8±2) °C. The ACS treatment was used to analyze the diseased area and incidence of *Botrytis cinerea* (*B. cinerea*). The inhibition rate, colony diameter, the changes of fruit hardness, weight loss rate, soluble solids, titratable acid, and electrical conductivity were measured, and the effect of ACS treatment on the inhibition of botrytis cinerea and quality parameters was studied. The results showed that ACS treatment could significantly inhibit the growth of *B. cinerea*. At 15 days during the storage, the lesion area, morbidity and colony diameter were significantly lower than those of the control treatment ($p<0.05$), which were decreased by 67.02%, 56.55% and 98.16%, respectively, and the bacteriostatic rate reached 96.06%. ACS treatment can significantly reduce the lesion area and morbidity of botrytis cinerea, and also has a significant inhibitory effect on the occurrence of *B. cinerea* when cultured in vitro. ACS treatment can reduce the weight loss rate of grape fruits, maintain the fruit hardness, inhibit the decrease of soluble solids content, and maintain the quality of grapes after harvest. ACS, as a new type of high-efficiency bactericidal preservative approved by FDA and USDA, provides a new method for the research of table grape technology.

引文格式:

张恺洳, 翟荣臻, 米黑里巴, 等. 酸性硫酸钙对红地球葡萄采后灰霉病的抑制[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 134-140

ZHANG Kai-ru, ZHAI Rong-zhen, MIHEILIBA, et al. Inhibition of acid calcium sulfate on postharvest red globe grapes of *Botrytis cinerea* [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(8): 134-140

收稿日期: 2020-01-20

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0401302)

作者简介: 张恺洳 (1995-), 女, 研究生在读, 研究方向: 果蔬贮藏与保鲜

通讯作者: 吴斌 (1973-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品贮藏加工

Key words: acid calcium sulfate; *Botrytis cinerea*; red globe grape; storage quality

红地球葡萄在我国已成为仅次于巨峰的第二大鲜食葡萄品种,是世界销售流通量最大的鲜食葡萄品种^[1,2]。新疆是我国红地球葡萄的主要产区之一,果实肉质肥厚、味甜爽口、水分含量高,采后极易发生腐烂变质。贮藏期间危害葡萄的病原菌主要为真菌,灰霉葡萄孢(*Botrytis cinerea*)引起的葡萄灰霉病是一种对葡萄具有毁灭性的真菌病害^[3,4]。灰霉病是葡萄采后贮藏运输过程中的主要病害之一,在低温条件(5℃)下仍能生长繁殖^[5],灰霉病极易引起葡萄果实腐烂变质、裂果脱粒、穗轴干梗褐变等现象,大大降低了鲜食葡萄的食用性和商品价值,严重影响了鲜食葡萄产业的发展。灰霉菌可以引起草莓^[6]、苹果^[7]、蓝莓^[8]、番茄^[9]、辣椒^[10]等果蔬采后腐烂。目前,商业化贮运普遍采用SO₂来防止葡萄采后霉烂,SO₂在果肉组织中常有亚硫酸盐残留,对人体健康有不良影响^[11]。寻找能替代SO₂的新型无硫保鲜技术,是当前鲜食葡萄采后冷链物流运输过程中迫切需要解决的问题。因此,寻找一种安全、无毒的葡萄保鲜技术方法是今后研究的趋势。

酸性硫酸钙(*Acidic calcium sulfate*, ACS)是国际上符合“GRAS”安全标准的一种新型高效杀菌防腐保鲜产品,已获得美国FDA和USDA认证。ACS具有酸性强、易溶于水、低腐蚀和缓腐蚀的特点^[12,13]。可以有效改善和保持食物的口味风格、营养成分。ACS在国外已经得到广泛应用,主要用于肉制品保鲜剂的添加成分^[14,15]、养殖饲料的添加剂及饮水杀菌。ACS作为膳食补充剂对太平洋白虾和南美白虾进行35 d的喂养试验,发现含有1.6%的ACS饲料喂养的虾免疫力得到提高,存活率达到90.40%^[16];适宜稀释倍数的ACS溶液能够有效抑制水蜜桃采后因匍枝根霉感染引起的软腐病^[17];荔枝在5~10℃贮藏期间,1.25%或更高浓度的ACS能显著抑制果皮中多酚氧化酶和过氧化物酶活性,有效防止了果皮的褐变^[18];Nuñez等^[19]将ACS溶液与乳酸、丙酸按1:2的比例复配,复配剂浸渍注射到法兰克福香肠,在4.5℃真空包装储存时间长达12周。但关于ACS在鲜食葡萄采后贮藏保鲜的研究鲜有报道。因此,本研究以新疆红地球葡萄为试材,分析ACS处理后对红地球葡萄采后灰霉菌(*B. cinerea*)及其引起葡萄病害的抑制作用,筛选ACS处理的适宜浓度,研究ACS对葡萄采后防腐保鲜的作用及品质的影响,探讨ACS在葡萄采后保鲜及抑菌方面的技术方法,为鲜食葡萄采后有效抑制病害的发生和提高采后安全性的防治方法提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料和设备

1.1.1 材料与试剂

红地球葡萄采自新疆昌吉葡萄种植园,采后用冷藏车运回新疆农业科学院冷库,挑选大小均一,果梗鲜绿、无机械损伤、无病虫害的葡萄果实。置于(0±0.5)℃实验室冷库中预冷24 h。

ACS原液,德蓝水技术股份有限公司;亚硫酸氢钠、氢氧化钠、无水乙醇,天津市福晨化学试剂厂;邻苯二甲酸氢钾、酚酞,天津市福晨化学试剂厂;二氧化氯,甘肃绿净化工有限责任公司;琼脂培养基(PDA)青岛高科园海博生物技术有限公司,以上试剂均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

SW-CJ-2FD超净工作台,苏州净化设备厂;LDZX-30KBS立式压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂;DHP-9272B型恒温培养箱,上海一恒科技有限公司;P902型电导仪,上海佑科仪器仪表有限公司;精密pH计(型号PHS-3C),上海精密科学仪器有限公司;IKA@A11基本型研磨机,广州仪科实验室技术有限公司;GY-4数显式果实硬度计,北京市兴光测色仪器公司;手持折光仪(型号BK8280),台湾贝克莱斯公司。

1.2 处理方法

1.2.1 ACS稀释液的配置与样品处理

将预冷后的红地球葡萄分为38组,每个处理组500 g葡萄果实,按照以下方式进行喷洒处理(前期预实验筛选出以下处理浓度):对照组CK: pH 7.5的蒸馏水、对比处理组1: 20 mg/L的ClO₂水溶液、对比处理组2: ACS(pH=5.45)+NaHSO₃(200 mg/L)混合溶液、ACS处理组: ACS稀释液(pH值5.45)。喷洒处理时间为: 20 s,处理后的葡萄晾干后置于(8±2)℃贮藏,定期观察取样。

1.2.2 致病菌的培养和孢子悬浮液的制备

将纯化好的灰霉接种到PDA培养基中,于25℃培养7 d后,用无菌水将孢子洗下,再用灭菌的双层纱布过滤,用血球计数板在显微镜下计数,调节浓度将菌悬液稀释至1×10⁶个/mL,4℃保存备用。

1.2.3 ACS处理对果实灰霉病的控制

果实采收后,选取大小均匀、无创伤和瑕疵的果

实, 将其用体积分数 75% 酒精进行表面擦拭消毒, 分别用蒸馏水 CK、ClO₂ (20 mg/L)、ACS (pH=5.45)、ACS (pH=5.45) + NaHSO₃ (200 mg/L) 喷洒处理葡萄果实, 自然晾干后用已灭菌的牙签在赤道部位打 1 个深 2 mm 的孔, 用移液枪吸取 10 μL 孢子悬浮液, 注入孔内, 接种后将葡萄果粒分装到塑料盒 (175×135×76 mm) 中, 每个盒子有 6 个直径 1 cm 的孔。室温下晾干, 使菌体固定在葡萄表面, 在冷库 (8±2) °C 下贮藏, 每隔 72 h 观察并测定果实表面的病斑直径及发病率, 每个处理用 30 个葡萄。

1.2.4 ACS 处理对 *B.cinerea* 体外的抑制作用

将 ClO₂、ACS (pH=5.45) 和 ACS (pH=5.45) + NaHSO₃ (200 mg/L) 溶液用 2 mL 注射器与培养基混合均匀, 以蒸馏水处理为空白对照 CK, 待培养基完全凝固后将 *B.cinerea* 接种到含有 PDA 培养基的培养皿中。处理结束后封口, 在 28 °C 条件下培养 6 d, 定期观察菌落生长情况并测量菌落直径。

$$\text{抑菌率} / \% = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100\%$$

式中: d₀: 空白对照 CK 菌落直径; d₁: 处理组菌落直径。

1.3 指标测定

果实硬度的测定, 采用 GY-4 型果实硬度计法, 每个处理用果实 10 个, 每处理重复 3 次; 可溶性固形物含量测定采用手持折光仪法, 每个处理用果实 10 个, 重复 3 次; 可滴定酸含量的测定采用酸碱滴定法^[20]; 相对电导率的测定采用电导仪测定法^[21]病斑直径采用十字交叉法进行, 做 3 次重复取平均值菌落总数; 采用 GB 4789.2-2016 菌落总数测定方法^[22]。

$$\text{失重率} / \% = \frac{(\text{贮藏前质量} - \text{贮藏后质量})}{\text{贮藏前质量}} \times 100\%$$

$$\text{病斑面积} / \text{cm}^2 = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$\text{果实发病率} / \% = \frac{\text{发病果实数}}{\text{果实总数}} \times 100\%$$

1.4 数据处理

使用 Sigma Plot 14.0 软件作图, SPSS 21.0 进行数据方差分析 (ANOVA) 并利用 Duncan 法进行均值比较。p<0.05 表示差异显著。

2 结果与讨论

2.1 ACS 处理对红地球葡萄灰霉病的控制作用

病斑面积和发病率是反映果实贮藏品质的主要因

素之一, 可以作为判断果蔬保鲜及防腐效果的重要依据。如图 1 所示, 不同处理对灰霉病病斑面积和发病率均有一定的抑制作用。以 ACS (pH=5.45) 的处理效果最显著 (p<0.05)。随着接种时间延长, 病斑面积迅速扩展, 呈直线上升趋势, 处理组可有效抑制病斑直径的扩展, 在接种第 9 d, ACS+NaHSO₃ 处理的果实病斑直径扩展缓慢, 比 CK 降低 75.63%, 第 15 d 时, CK 组病斑面积达到 2.09 cm², 是 ClO₂、ACS (pH=5.45)、ACS+NaHSO₃ 组的 1.57、42.65、3.12 倍, 处理组均对灰霉病有较好的防治效果 (图 2)。ACS (pH=5.45) 单独处理时, 抗病效果要明显优于 ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理组, 病斑面积为 0.049 cm²。ClO₂ 处理组的病斑面积为 1.33 cm², ACS+NaHSO₃ 复合处理时, 防腐效果较 ClO₂ 明显, 在抑制果实腐烂方面, ACS+NaHSO₃ 的复合处理起到了一定的协同作用, 但 ACS (pH=5.45) 处理时能够更为有效的延缓红地球葡萄的发病时间, 减少果实病斑面积。

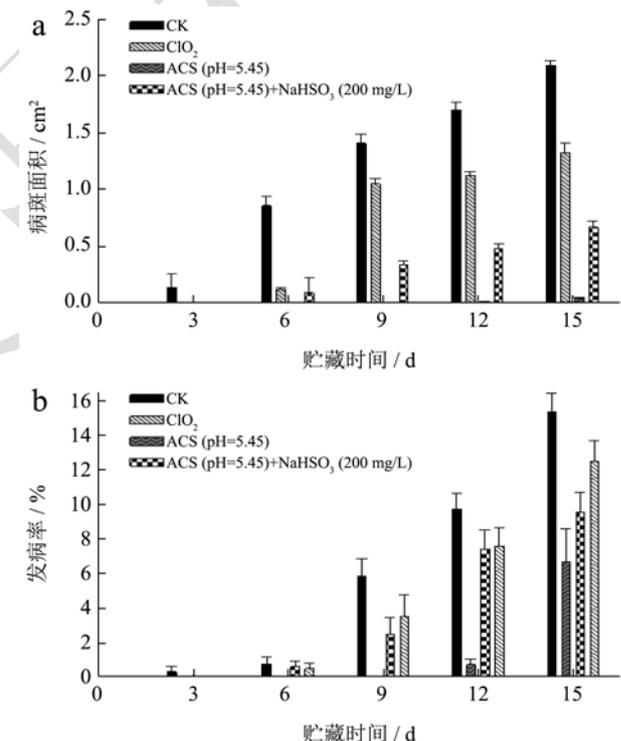


图 1 不同处理对红地球葡萄病斑面积和发病率的影响

Fig.1 Effects of different treatments on lesion area and disease incidence of red globe grapes

果实接种灰葡萄孢菌后, 发病率呈不断上升趋势, 在第 3 d 时, 对照组发病率为 0.33%。ACS 处理能够抑制果实发病率, 贮藏至第 9 d, ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理组发病率较低, 分别为 3.52%、2.53%, ACS 单独处理组未发病。随着时间的延长, 各组发病率持续升高; 贮藏至 12 d, ClO₂、ACS+NaHSO₃ 处理组差距不明显, 发病率分别 7.56%、7.39%, 有减缓葡萄果实

发病的作用, ACS 单独处理组效果最为显著。15 d 时果实发病率为 6.65%, 比对照组低 8.65% ($p<0.05$)。处理组均能降低葡萄灰霉病的致病力、延缓发病时间、降低发病率以及病斑扩展面积, ACS (pH=5.45) 组果实病斑面积最小, 发病率最低且对灰霉病的抑制作用

最显著。单独的 ACS 处理不仅具有 SO_2 的杀菌作用, 在果肉组织中不会有残留, ACS+ $NaHSO_3$ 处理组也具有抑制作用, $NaHSO_3$ 的加入说明 ACS 可以与其它杀菌剂复合起到协同作用的效果。

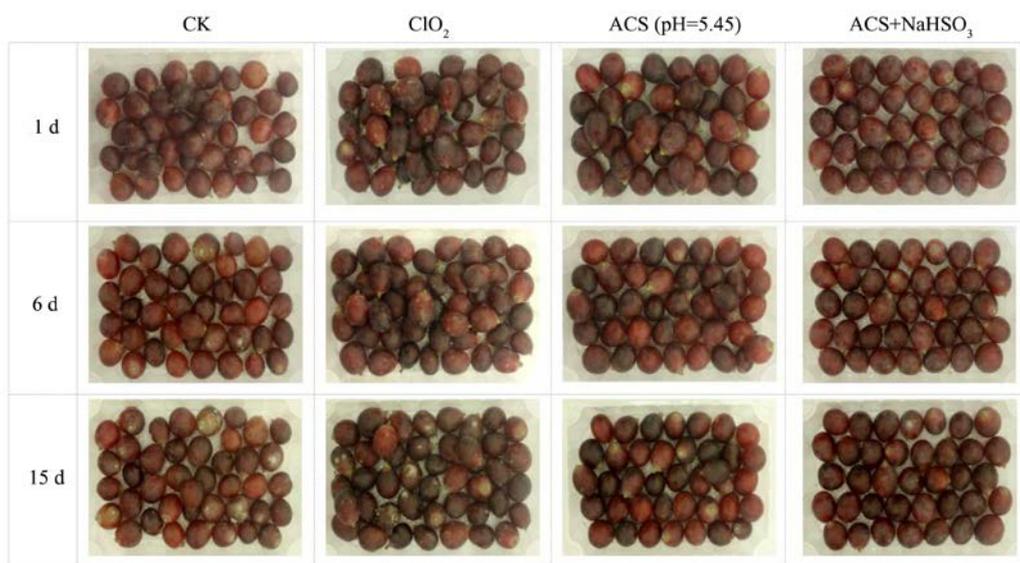


图 2 不同处理对红地球葡萄灰霉病的发病情况

Fig.2 Incidence of *B. cinerea* disease by different treatments of red globe grapes

2.2 ACS 处理对 *B. cinerea* 体外的抑制作用

表 1 不同处理对 *B. cinerea* 的抑制作用 (培养 6 d)

Table 1 Inhibition of different treatments on growth of *B. cinerea*

项目	培养时间/d	CK	ClO_2	ACS(pH=5.45)	ACS(pH=5.45)+ $NaHSO_3$ (200 mg/L)
菌落直径/cm	1	0.45±0.05 ^a	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b	0.00±0.00 ^b
	2	3.55±0.08 ^a	0.17±0.08 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c
	3	4.75±0.08 ^a	0.83±0.04 ^b	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c
	4	6.82±0.02 ^a	1.82±0.11 ^b	0.00±0.00 ^d	0.21±0.04 ^c
	5	8.16±0.17 ^a	2.33±0.07 ^b	0.15±0.04 ^d	0.52±0.04 ^c
	6	8.79±0.01 ^a	2.81±0.07 ^b	0.35±0.07 ^d	1.15±0.14 ^c
抑制率/%	1	00.00±0.00 ^b	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
	2	00.00±0.00 ^c	95.10±1.39 ^b	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
	3	00.00±0.00 ^c	82.49±0.62 ^b	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
	4	00.00±0.00 ^d	73.25±1.70 ^c	100.00±0.00 ^a	96.87±0.51 ^b
	5	00.00±0.00 ^d	71.44±0.47 ^c	98.21±0.46 ^a	93.58±0.64 ^b
	6	00.00±0.00 ^d	68.03±0.81 ^c	96.06±0.81 ^a	86.92±1.63 ^b

注: 同一培养时间, 不同字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

B. cinerea 菌落直径随培养时间呈增大的趋势, 各处理均对 *B. cinerea* 有显著的抑制作用, ACS 处理抑制效果最显著, 抑菌率为 96.06%。在图 3 中, 培养 6 d 后, 空白对照组 CK 菌落已覆盖了整个培养皿, 而

ClO_2 、ACS (pH=5.45)、ACS+ $NaHSO_3$ 处理组的菌落生长均受到了显著抑制 ($p<0.05$), 说明各处理组不仅在葡萄果实上抑制了接种灰霉病的发生, 在体外培养时也能得到一定程度的抑制。

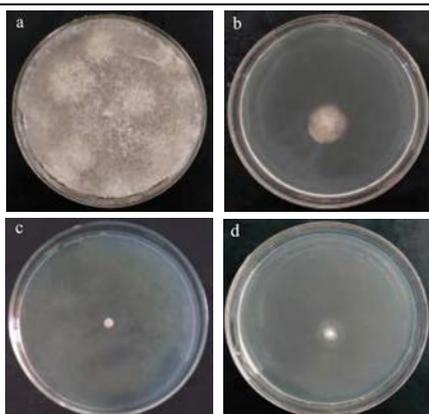


图3 不同处理对 *B. cinerea* 的抑制作用 (培养 6 d)

Fig.3 Inhibition effect of *B. cinerea* by different treatments (Incubated for 6 d)

注: a: CK; b: ClO₂; c: ACS (pH=5.45); d: ACS+NaHSO₃。

2.3 ACS 处理对红地球葡萄贮藏品质及生理特性的影响

2.3.1 ACS 处理对红地球葡萄失重率的影响

果实的失重率是一项衡量果实品质好坏的指标。由图 4 可知, 葡萄在冷藏期间失重率缓慢增加, 在贮藏期 3~9 d 时对照与处理组之间存在显著性差异 ($p < 0.05$)。在 12~15 d 时 ACS (pH=5.45) 处理组与其他处理之间均有显著性差异 ($p < 0.05$)。在贮藏结束时, 对照组果实的失重率分别是 ClO₂、ACS (pH=5.45)、ACS+NaHSO₃ 处理组果实的 0.17、0.23、0.18 倍, ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理组之间差异不明显, 有一定的抑制作用, 表明 ACS (pH=5.45) 处理果实失重率最低, 保水性最好。

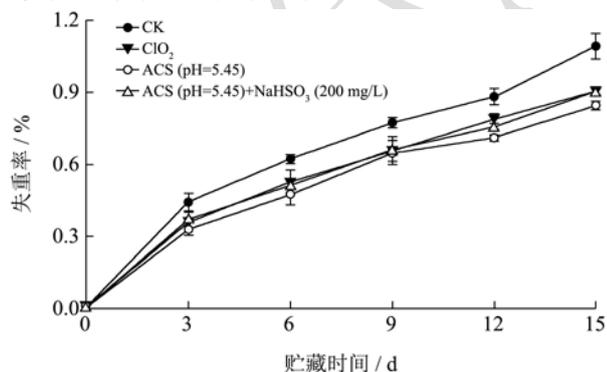


图4 不同处理对葡萄失重率的影响

Fig.4 Effects of different treatments on weightlessness rate of red globe grapes

2.3.2 ACS 处理对红地球葡萄硬度的影响

果实硬度是葡萄采收后耐贮性的重要品质之一, 而软化的果实容易受机械损伤和病菌感染^[23]。由图 5 可知, 葡萄随着贮藏时间的延长, 果实硬度逐渐降低,

果肉变软, 经 ACS 处理后的果实硬度下降缓慢, 说明 ACS 处理能够减缓果实硬度的下降。在贮藏初期, ClO₂ 和 ACS 处理组趋势一致, 在第 6 d 时快速下降, 后期与 ACS+NaHSO₃ 处理组相似, 呈缓慢下降趋势。ACS (pH=5.45) 处理组果实硬度保持效果较好, 延缓硬度下降作用显著 ($p < 0.05$)。在贮藏过程中, 对照组、ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理组硬度分别下降 21.70%、17.82% 和 16.71%, 而 ACS 处理组下降 13.94%, 可以有效维持果实硬度。表明 ClO₂ 处理效果不明显, ACS 处理对保持果实的硬度有明显效果, ACS+NaHSO₃ 处理也对果实硬度下降有一定的抑制作用。

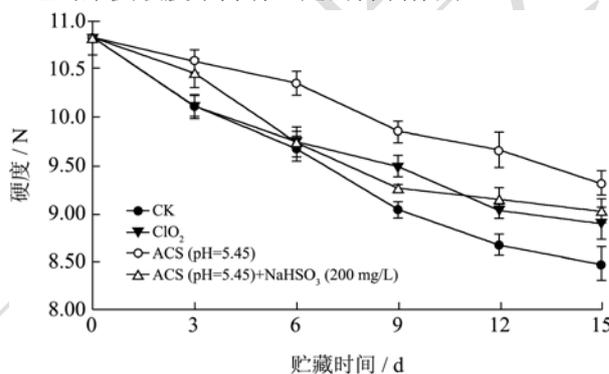


图5 不同处理对红地球葡萄硬度的影响

Fig.5 Effects of different treatments on firmness of red globe grapes

2.3.3 ACS 处理对红地球葡萄可溶性固形物的影响

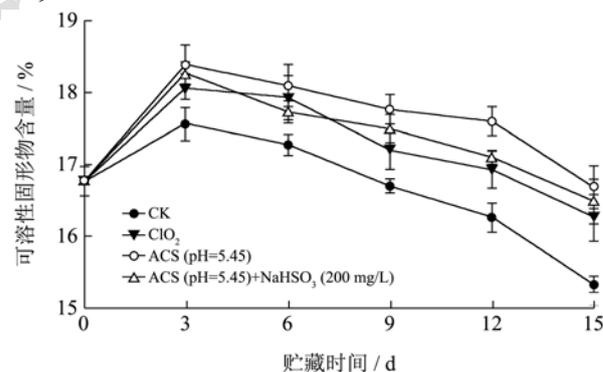


图6 不同处理对红地球葡萄可溶性固形物含量的影响

Fig.6 Effects of different treatments on total soluble solids of red globe grapes

可溶性固形物含量直接反映果品的成熟程度和品质优良状况。葡萄果实 TSS 含量在贮藏初期达到最大值, 对照组为 17.57%, ClO₂、ACS (pH=5.45) 和 ACS+NaHSO₃ 处理组葡萄 TSS 含量分别为 18.07%、18.39% 和 18.27% (图 6)。可溶性固形物含量的上升是由于成熟度逐渐增加的缘故, 在贮藏后期随着葡萄呼吸代谢加快从而导致可溶性固形物含量下降^[24]。达到峰值后, 各处理 TSS 含量均有不同程度的下降, 贮

藏至 15 d 时, 对照组可溶性固形物含量为 15.33%, 下降最多, 达到 2.24%。ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理的葡萄 TSS 含量分别为 16.27% 和 16.49%, 下降了 1.82% 和 1.90%, 两种处理均起到了一定的抑制效果, ACS (pH=5.45) 处理 TSS 含量为 16.72%, 下降了 1.67% 与对照组差异显著 ($p < 0.05$)。这表明 ACS 单独处理可以保持葡萄果实可溶性固形物含量, ClO₂ 处理和 ACS+NaHSO₃ 处理之间差异不显著。

2.3.4 ACS 处理对红地球葡萄可滴定酸含量的影响

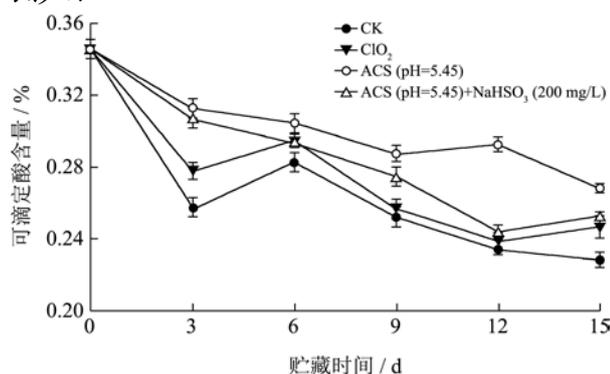


图 7 不同处理对红地球葡萄可滴定酸含量的影响

Fig.7 Effects of different treatments on titratable acidity of red globe grapes

可滴定酸含量是评价葡萄风味品质的一个重要指标, 葡萄果实在贮藏期间有机酸会转化成其他物质造成可滴定酸含量呈下降趋势。由图 7 可知, ClO₂ 处理组和对照组变化趋势基本一致, ACS 和 ACS+NaHSO₃ 处理组变化趋势相同, 处理组可滴定酸含量均高于对照组。贮藏期第 3 d 时, 对照组下降较快, 可滴定酸含量为 0.27%, ClO₂ 处理组为 0.28%, ACS (pH=5.45) 和 ACS+NaHSO₃ 处理组均为 0.31%, 下降缓慢。贮藏过程中 ACS+NaHSO₃ 与 ClO₂ 处理组之间差异不显著, 但与对照组和 ACS 处理组间有显著性差异 ($p < 0.05$)。在第 15 d 时, CK、ClO₂、ACS (pH=5.45) 和 ACS+NaHSO₃ 处理组分别下降 0.12%、0.10%、0.08% 和 0.10%。说明各处理组对可滴定酸含量的抑制作用并不十分显著, 但 ACS 处理对果实中 TA 含量下降有一定的抑制作用。

2.3.5 ACS 处理对红地球葡萄相对电导率的影响

由图 8 可知, 红地球葡萄在贮藏期间, 细胞膜渗透性随着贮藏时间的延长呈上升趋势。在贮藏期第 9 d 时, 对照组果实细胞膜渗透性为 35.93%, ClO₂、ACS (pH=5.45) 和 ACS+NaHSO₃ 处理组为 25.95%、20.18%、26.13%。贮藏期结束时, 对照组的细胞膜渗透性由 8.66% 上升至 35.57%, ClO₂、ACS (pH=5.45)、

ACS+NaHSO₃ 处理组分别为 31.74%、30.95%、32.02%, 各处理组均可不同程度的抑制葡萄果实细胞膜渗透性。在贮藏中后期, ACS 处理组可以显著降低细胞膜渗透性 ($p < 0.05$)。说明 ACS (pH=5.45) 处理组效果显著, 可减少细胞膜被破坏度, 延缓葡萄果实衰老。

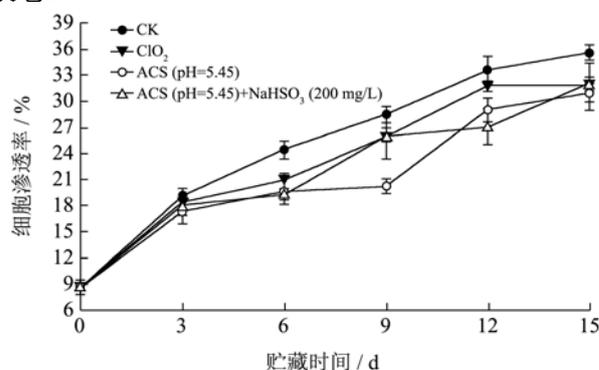


图 8 不同处理对红地球葡萄相对电导率的影响

Fig.8 Effects of different treatments on relative conductance of red globe grapes

3 结论

3.1 本试验为了探究 ACS 处理对葡萄采后灰霉病的抑制作用和品质的影响。通过预实验筛选出适宜的处理浓度后, 采用 ClO₂ 和 ACS+NaHSO₃ 处理作为对比参照, 分析 ACS 处理对 *B. cinerea* 在体内和体外的抑菌效果, 研究 ACS 处理对葡萄果实贮藏过程中品质参数的影响。得到以下结论:

3.2 ACS (pH=5.45) 处理可显著降低葡萄采后灰霉病的发病率, 抑制病斑直径的扩展和 *B. cinerea* 的生长 ($p < 0.05$), 降低 *B. cinerea* 对葡萄果实侵染引起灰霉病的发病程度 ($p < 0.05$), ACS 可以抑制 *B. cinerea* 的生长以及果实灰霉病的发生, 延缓硬度和失重率的下降, 保持 TSS 和 TA 的含量, 抑制相对电导率和发病率的上升, 降低体外培养的菌落总数, 较好的保持葡萄果实的贮藏品质。ACS 的优势在于操作简单、安全、无毒和无副作用, 还可以结合 NaHSO₃ 进行处理, 两者作用相互补充, 保持葡萄采后品质的同时还具有协同抑菌作用。二氧化硫等硫化物对葡萄果实进行采后处理时易存在 SO₂ 残留和药害的问题, ACS 具有比 SO₂ 更高的食品安全性, 适用于果蔬采后贮藏和货架期的保鲜。ACS 的杀菌保鲜效果的研究, 可为果蔬采后贮藏保鲜和病害防控方面提供理论依据, 但 ACS 对果蔬采后病害的抑菌机理仍需进一步深入研究。

参考文献

[1] 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 situation of storage for red globe variety of grape grown in valley of Yili Xinjiang and the strategy and suggestion on its storage industry [J]. Storage and Process, 2015, 15(5): 62-66
- [2] 赵柏峰,张平,朱志强,等.“红地球”葡萄果实品质与贮藏效果关系分析[J].北方园艺,2014,22:24-28
- ZHAO Bai-feng, ZHANG Ping, ZHU Zhi-qiang, et al. Analysis of the relationship between the quality and storage effect of ‘red globe’ grapes [J]. Northern Horticulture, 2014, 22: 24-28
- [3] Lovato A, Zenoni S, Tornielli G B, et al. Specific molecular interactions between *Vitis vinifera* and *Botrytis cinerea* are required for noble rot development in grape berries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 156: 1-15
- [4] He C, Zhang Z, Li b, et al. Effect of natamycin on *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*-postharvest pathogens of grape berries and jujube fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 151: 134-141
- [5] 宋开艳,阿米尼古丽·再那吉,冯宏祖,等.新疆葡萄采后致病菌分离鉴定及拮抗菌的筛选[J].新疆农业科学,2011,48(5): 871-876
- SONG Kai-yan, Aminiguli-Zainaji, FENG Hong-zu, et al. Nanjiang grapes post-harvest pathogenic bacteria isolation and identification of antagonistic bacteria [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(5): 871-876
- [6] José M. García, Aguilera C, Antonia M. Jiménez. Gray mold in and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment [J]. Hortscience A Publication of the American Society for Horticultural Science, 1996, 31(2):255-257
- [7] 周晓婉,周会玲,石亚莉,等.1-MCP诱导苹果采后灰霉病抗性的作用机理[J].现代食品科技,2016,32(10):211-219
- ZHOU Xiao-wan, ZHOU Hui-ling, SHI Ya-li, et al. Mechanism of 1-MCP-induced resistance to grey mold in postharvest apples [J]. Modern Food Science & Technology, 2016, 32(10): 211-219
- [8] 胡顺爽,刘瑞玲,郜海燕,等.灰霉胞外分泌物对蓝莓果实贮藏品质的影响[J].中国食品学报,2018,18(9):217-225
- HU Shun-shuang, LIU Rui-ling, GAO Hai-yan, et al. Effect of *botrytis cinerea* extracellular polymer on the storage quality of blueberry [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(9): 217-225
- [9] 李宝庆,王伟娟,鹿秀云.番茄灰霉病防治技术研究[J].现代农业科技,2019,19:100-104
- LI Bao-qing, WANG Wei-juan, LU Xiu-yun. Research progress on controlling against tomato gray mold [J]. Modern Agricultural Science & Technology, 2019, 19: 100-104
- [10] Enas M. Mekawi, Eman Y. Khafagi, Fayz A, et al. Effect of pre-harvest application with some organic acids and plant oils on antioxidant properties and resistance to *Botrytis cinerea* in pepper fruits [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 257
- [11] Gunnison A F. Sulfite Hypersensitivity, A Critical Review [M]. San Diego:Academic Press, 1987: 185-214
- [12] Keeton J T, Eddy S M. Chemical Methods for Decontamination of Meat and Poultry [M]. Preharvest and Postharvest Food Safety: Contemporary Issues and Future Directions, 2008: 317-336
- [13] Nla N, Benli H, Dunkley K D, et al. Application of acidic calcium sulfate and ϵ -polylysine to pre-rigor beef rounds for reduction of pathogens [J]. Journal of Food Safety, 2011, 31(3): 395-400
- [14] Luchansky J B, Call J E, Hristova L, et al. Viability of listeria monocytogenes on commercially-prepared hams surface treated with acidic calcium sulfate and lauricarginate and stored at 4 °C [J]. MeatSci, 2005, 71(1): 92
- [15] Zhao T, Michal P, DOYLE, et al. Influence of freezing and freezing plus acidic calcium sulfate and lactic acid addition on thermal inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef [J]. J Food Prot, 2004, 67(8): 1760
- [16] Ahmed Mustafa D, Anuta D, Buentello A, et al. Effects of dietary supplementation of the acidifier vitoxal-mionix on growth, survival, immune response and gut microbiota of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of World Aquaculture Society, 2011, 42(6): 834-844
- [17] 刘晨霞,乔勇进,黄宇斐,等.酸性硫酸钙处理对水蜜桃采后匍枝根霉致病力的影响[J].核农学报, 2019, 33(7): 119-127
- LIU Chen-xia, QIAO Yong-jin, HUANG Yu-fei, et al. Effect of acidic calcium sulfate treatment on pathogenicity of postharvest *Rhizopus stolonifer* in honey peach [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(7): 119-127
- [18] Wang C Y, Chen H, Jin P, et al. Maintaining quality of litchi fruit with acidified calcium sulfate [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(15): 8658-8666

(下转第 353 页)