

水杨酸对库尔勒香梨黑头病抑制及贮藏品质的影响

李自芹, 郭慧静, 魏晓春, 赵志永

Effect of Salicylic Acid on Control of Blackhead Disease and Storage Quality of Korla Fragrant Pear

LI Ziqin, GUO Huijing, WEI Xiaochun, and ZHAO Zhiyong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021040060>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

水杨酸处理对库尔勒香梨果实贮藏期细胞壁组分和水解酶活性变化的影响

Effects of salicylic acid treatment on the variations of cell wall components and hydrolase activity of Korla fragrant pear during the storage stage

食品工业科技. 2017(09): 309-313

库尔勒香梨贮藏期间黑头病发病与果实软化指标的相关性

Correlation of Blackhead Disease and Fruit Softening Index during Storage of Korla Pear

食品工业科技. 2018, 39(13): 268-274

1-MCP处理对库尔勒香梨货架期香气成分及品质的影响

Effects of 1-MCP Treatment on Aroma Components and Quality of Korla Fragrant Pear Fruits during Shelf Life

食品工业科技. 2018, 39(18): 230-237

库尔勒香梨表皮蜡质组分的变化与其生理变化的关系

Effects of changes in waxy components of Korla fragrant pear on its physiological changes

食品工业科技. 2018, 39(12): 284-289

水杨酸处理对西葫芦采后品质和抗氧化能力的影响

Effect of Salicylic Acid Treatment on Postharvest Quality and Antioxidant Capacity of Summer Squash

食品工业科技. 2018, 39(19): 286-290,308

茶多酚复合可食性涂膜在香梨保鲜中的应用

Application of the Tea Polyphenols Composite Edible Membrane in Preservation of Pear

食品工业科技. 2020, 41(18): 287-293



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

李自芹, 郭慧静, 魏晓春, 等. 水杨酸对库尔勒香梨黑头病抑制及贮藏品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(8): 329–335. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040060

LI Ziqin, GUO Huijing, WEI Xiaochun, et al. Effect of Salicylic Acid on Control of Blackhead Disease and Storage Quality of Korla Fragrant Pear[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(8): 329–335. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040060

· 贮运保鲜 ·

水杨酸对库尔勒香梨黑头病抑制及贮藏品质的影响

李自芹¹, 郭慧静¹, 魏晓春², 赵志永^{1,*}

(1. 新疆农垦科学院农产品加工研究所, 新疆石河子 832000;

2. 玛纳斯县塔西河乡政府, 新疆昌吉 832219)

摘要: 为筛选出对库尔勒香梨黑头病抑菌及贮藏效果好的水杨酸最佳处理浓度, 通过不同浓度的水杨酸有伤接种梨果实, 用无菌水做对照, 在室温 (25 ℃) 和冷库温度 (2 ℃) 条件下对接种后的梨果实进行贮藏, 对库尔勒香梨活体损伤接种黑头病致病菌和不同浓度的水杨酸进行试验, 室温 (25 ℃) 贮藏 28 d, 冷库贮藏 49 d。每隔 7 d 观察和测定果实的发病情况、病斑直径、呼吸强度、硬度、可溶性固形物、可滴定酸、V_C、丙二醛。结果显示, 冷库环境下较室温有助于库尔勒香梨的贮藏, 0.7 g/L 的水杨酸对梨果黑头病抑菌效果及贮藏品质保鲜效果优于 0.5 和 0.9 g/L, 降低了香梨的病斑直径、抑制了梨果的呼吸强度、较好的保持了香梨的硬度、可滴定酸、V_C、丙二醛含量, 其中可溶性固形物含量较其他处理差异不显著, 0.9 g/L 的水杨酸对梨果果皮还造成了损伤。冷库环境结合 0.7 g/L 的水杨酸对梨果黑头病抑菌效果及贮藏品质保鲜效果最好, 可作为梨果贮藏保鲜、抑制库尔勒香梨黑头病进一步整果实验。

关键词: 水杨酸, 库尔勒香梨, 黑头病, 抑菌, 保鲜

中图分类号: TS205

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)08-0329-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040060



本文网刊:

Effect of Salicylic Acid on Control of Blackhead Disease and Storage Quality of Korla Fragrant Pear

LI Ziqin¹, GUO Huijing¹, WEI Xiaochun², ZHAO Zhiyong^{1,*}

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Xinjiang Academy of Agricultural and

Reclamation Science, Shihezi 832000, China;

2. The Township Government of the Manas County River, Changji 832219, China)

Abstract: In order to screen out the best concentration of salicylic acid for inhibiting the pathogen of korla fragrant pear blackhead and its storage effect, the pear fruit was inoculated with different concentration of salicylic acid, and the sterile water was used as control, the pear fruits were stored at room temperature (25 ℃) and cold storage temperature (2 ℃), and the korla fragrant pear was damaged and inoculated with the pathogen of blackhead disease and different concentrations of salicylic acid *in vivo*, store at room temperature (25 ℃) for 28 d, cold storage 49 d. Every 7 days observed and measured the incidence of fruit, disease spot diameter, respiratory intensity, hardness, soluble solids, titratable acid, V_C, malondialdehyde. The results showed that 0.7 g/L salicylic acid was better than 0.5 and 0.9 g/L in inhibiting the growth of blackhead disease and keeping the quality fresh, the diameter of disease spot of fragrant pear was decreased, the respiration intensity of pear was restrained, the hardness, titratable acid, V_C and MDA contents of fragrant pear were kept well, and the soluble solid content was not significantly different from other treatments. 0.9 g/L salicylic acid also damaged the peel of pear fruit. The cold storage environment combined with 0.7 g/L salicylic acid had the best antibacterial effect on pear blackhead disease and

收稿日期: 2021-04-08

基金项目: 新疆自治区天山英才计划第三期 (2021-2023)。

作者简介: 李自芹 (1986-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: 1402546333@qq.com。

* 通信作者: 赵志永 (1981-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: 1113231812@qq.com。

storage quality. It could be used as a further whole fruit experiment for pear storage and preservation and inhibiting korla fragrant pear blackhead disease.

Key words: salicylic acid; korla fragrant pear; blackhead; bacteriostatic; preservation

库尔勒香梨^[1]是新疆的主要梨品种,也是我国的地理标志产品。它不但有较高的营养价值,而且性寒味甘可以药用。库尔勒香梨属于呼吸跃变型果实^[2],采后在贮藏和运输过程中,容易被微生物侵染而腐烂变质,由于销售不畅、贮藏方法不当等因素造成的腐烂率在30%梨果左右,库尔勒香梨在整个贮藏的期间,特别是在贮藏半年以后,果身常会产生一种病症黑头病^[3],病原菌主要为链格孢属(*Alternaria*),致使果实的商品品质和感官品质下降,严重影响果农和销售商的利益^[4]。因此,选择一套适宜的保鲜技术延长香梨的贮藏期,可减少梨果实在流通运输环节中的损耗,提高果农及销售商的经济效益,满足梨果的市场需求^[5]。

近年来水杨酸在果蔬贮藏保鲜上越来越被受到重视。水杨酸又称SA^[6],较普遍存在于高等植物体中,被看作一种新的植物内源激素,SA在植物体内能提高植物体的抗病性,对水果具有较好的防腐保鲜作用,能提高水果的贮藏效果和货架寿命^[7],目前较为广泛地用于果蔬的贮藏保鲜中^[8]。水杨酸已被证明且是普遍认可的抗性诱导物质,水杨酸喷施甜樱桃、甜瓜、杏和采后浸泡处理均能够维持品质,诱导柑橘、桃、枸杞、苹果、杏、芒果和龙眼等果实的抗病相关酶系的表达,抵御病原菌的侵染,降低贮藏期果实的腐烂率^[9]。

本文以从库尔勒香梨果实上分离出的致病菌黑头病为实验对象,分别在室温和冷库的环境下,活体接种致病菌和不同浓度的水杨酸做抑菌试验,对有伤接种的梨果实,观察其在整个贮藏过程中的发病情况以及梨果的生理指标。对抑制梨果黑头病进行抗病性研究,减少黑头病对梨果的侵染机率,进一步完善库尔勒香梨贮藏保鲜技术、提高香梨的贮藏品质,对推动库尔勒香梨的产业发展起到积极作用^[10]。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

梨果实 在石河子市农贸市场购买30箱库尔勒香梨,运至冷库;黑头病病菌^[3]由前期发病的梨果实上分离、纯化获得的,用石蜡保存于PDA的斜面培养基上,放置于4℃冰箱中;水杨酸SA溶液、钠石灰、0.2 g/mL NaOH溶液、H₂C₂O₄溶液、饱和BaCl₂溶液、1%酚酞溶液指示剂、正丁醇、凡士林、蒸馏水、0.1 mg/mL的标准抗坏血酸溶液、2,6-二氯酚靛酚溶液、苯酚溶液、浓硫酸、琼脂、三氯乙酸、硫代巴比妥酸 石河子市沃德尔生物科技有限公司。

FA2204N电子天平(d=0.1 mg)、SL2002N百分之一克电子秤 上海民桥精密科学仪器有限公司;DK-8B电恒温水浴锅 上海精密实验设备有限公

司;TG-2硬度计 石家庄兰宇科技有限公司;GRX20干热消毒箱 上海精宏实验设备有限公司;MOTIC B SERIES生物显微镜 Motic;VORTEX-6旋涡混合器、GL-5250A磁力搅拌器 海门市其林贝尔仪器制造有限公司;PoPette手动单道可调移液器 大龙兴创实验仪器(北京)股份公司;P901酸度计 上海佑科仪器仪表有限公司;TD-45糖度计 浙江托普云农科技股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 材料处理 选择大小一致,没有病虫害,单果重在70~100 g的梨果,分别用75%乙醇淋洗,再用无菌水,静置晾干,用5 mm宽×5 mm深的无菌打孔器在梨果果身等距离打4个伤口^[9]。

1.2.2 黑头病致病菌菌悬浮液的制备 将活化好的致病菌分别接种在PDA培养基平板上,在25℃环境下培养。培养到致病菌菌丝铺满整个平板后,用接种针把菌丝刮平。再用含0.01% Tween80的无菌生理盐水配制孢子悬浮液,把纱布折叠成四层,过滤悬浮液,最后用血球计数板配制浓度为1×10⁶个/mL的悬浮液^[11]。

1.2.3 保鲜剂的配制 分别配制0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 g/L的水杨酸溶液,加0.01% (v/v) Tween-80作为表面活性剂,使用前用0.45 μm滤膜进行除菌处理。

1.2.4 打孔接种法 将打好孔的库尔勒香梨采用先接菌和后接菌两种方法进行接种试验^[12]。先接种致病菌后接种水杨酸处理:在梨果实打好洞的伤口处分别用移液枪接种事先配置好的黑头病菌的孢子悬浮液10 μL,静置2 h以后接种不同浓度的SA溶液10 μL,以无菌水处理为对照。

先接种水杨酸后接种致病菌处理:在梨果实打好洞的伤口处分别接种不同浓度的SA溶液10 μL。静置2 h后分别接种10 μL黑头病致病菌的孢子悬浮液,以无菌水作为对照。

1.2.5 果实接种后贮藏条件 接种黑头病致病菌后的梨果实,在无菌的环境下晾干,分别装入保鲜膜袋中,保鲜膜袋中维持相对湿度在95%左右,在25℃,湿度90%~95%的室温和冷库的环境下分别进行贮藏。贮藏梨果前,将冷库用4%的漂白粉水进行喷洒,密闭2~3 d后通风再使用。各实验处理重复3次,每次6个梨果。

1.2.6 病斑直径的测量 采用十字交叉法测量,冷库贮藏每20 d利用十字交叉法测量病斑直径。接种香梨病斑直径的计算方法^[13],把接种的香梨伤口处用画圈的方法进行标记,在标记圈中画“*”符号作为直径,用直尺测量各香梨病斑直径以后再取其平均值,

就得出了香梨损伤接种的病斑直径 $d(\text{cm})$ 。

1.2.7 呼吸强度的测定 采用 3051H 型号呼吸测定仪测定^[14], 每个处理组取 5 个梨果, 称重后迅速放置于 2 L 的呼吸桶密闭 3 h, 并计算呼吸强度($\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$), 每种处理测量 3 次。

1.2.8 硬度的测定 用 TG-2 水果硬度测定, 在测定梨果实对称两侧颊部去皮硬度, 取平均值作为该果实硬度, 每处理测定 15 个果实, 以 kg/cm^2 为测量单位。

1.2.9 可溶性固形物(SSC)的测定 采用 TD-45 数显糖度计, 每组测定 6 个果实于破壁料理机中榨汁, 纱布过滤滤液, 在滴液口滴入样品滤液 0.2~0.3 mL 盖遮光盖测量, 每种处理测量 3 次, 取平均值。该测量结果已经自动进行过温度补偿。

1.2.10 可滴定酸测定 吸取 20 mL 果蔬样品滤液, 加入 2 滴 1% 的酚酞指示剂, 用已标定好的氢氧化钠溶液进行滴定^[15]。滴定至溶液初显粉色并在 0.5 min 内不褪色时为终点, 重复三次。

1.2.11 V_C 含量测定 用移液器吸取 10 mL 滤液置于 100 mL 的三角瓶中, 用已标定好的 2,6-二氯酚溶液滴定至出现微红色, 且 15 s 内不褪色为止, 记下染料的质量^[16-17]。同时以 10 mL 20 g/L 草酸溶液作为空白, 重复三次。

1.2.12 丙二醛(MDA)的测定 取 2.0 mL 上清液, 加入 2.0 mL 0.67% 硫代巴比妥酸, 混合后在沸水中煮沸 20 min, 取出冷却后再在 4 ℃ 下, 10000 $\times g$ 离心 20 min, 收集上清液^[18]。用分光光度计测定吸光度值, 重复三次。

1.3 数据处理

用 Excel 软件进行绘图, 用 SPSS 进行统计分析, 以 $P<0.05$ 作为差异显著的标准。

2 结果与分析

2.1 SA 处理香梨接种致病菌后病斑直径的变化

库尔勒香梨活体接种致病菌后, 用不同浓度的 SA 进行处理, 分别在室温和冷库环境下贮藏, 在室温下贮藏的梨果比在冷库中贮藏的梨果发病速度快^[19], 致病菌更易扩散。如图 1 所示, 室温下当 SA 浓度达到 0.5 g/L 时, 损伤接种的梨果病斑直径扩展速度明显下降, 在冷库贮藏下, 接种 0.7 g/L SA 的香梨的病斑直径扩展最小, 在冷库贮藏环境下, 0.9 g/L 的 SA 浓度损伤接种的梨果实, 表皮引起了伤害, 梨果实在整个贮藏期间, 在室温环境下贮藏的梨果实, 先接种致病菌的梨果病斑直径小于后接种致病菌的梨果病斑直径, 冷库下与室温条件下相反, 产生这种情况的原因可能是水杨酸抑制了病原菌的生长, 从而起到了控制病害的效果^[20]。SA 选取 0.5~0.7 g/L 浓度较为合适。

2.2 SA 处理对损伤接种库尔勒香梨呼吸强度的影响

库尔勒香梨是典型的呼吸跃变型水果^[21]。水果

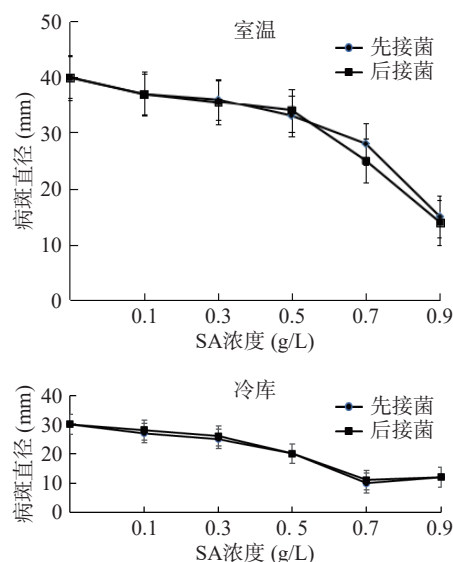


图 1 SA 对损伤接种香梨病斑直径的影响

Fig.1 Effect of SA on spot diameter of damaged pear vaccination

的呼吸跃变是果实后熟的一个标志, 预示着水果从成熟转向衰老^[22]。如图 2 所示, 各损伤接种的梨果实呼吸强度, 室温大于冷库贮藏, CK 处理的梨果呼吸强度大于 SA 处理梨果。在室温下贮藏的梨果实呼吸跃变出现的时间早于冷库贮藏。在贮藏前期 SA 处理跟对照呼吸强度没有太大差别, 冷库贮藏中, 0.5 和 0.7 g/L SA 处理果实呼吸高峰比其它处理晚了 7 d, 并且 0.9 g/L SA 处理果实表皮出现了损伤。由此可以初步得出, 0.5 和 0.7 g/L SA 浓度对梨果起到了保鲜作用, 抑制了梨果实在整个发病过程的

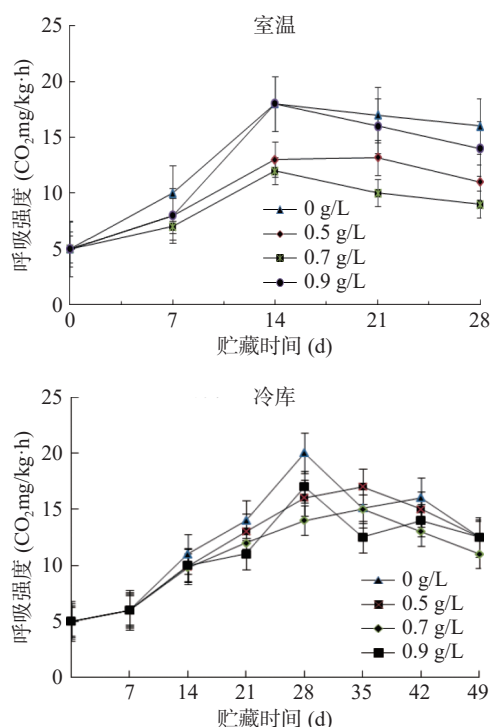


图 2 SA 处理梨果实在贮藏期间呼吸强度的变化

Fig.2 Changes of respiration intensity of pear fruits treated by SA during storage

呼吸强度。

2.3 SA 处理香梨病斑形成过程中果实硬度的变化

硬度^[23]是水果耐贮藏性的一个重要指标。库尔勒香梨在室温和冷库贮藏过程中,硬度均呈下降的趋势。如图3所示,室温和冷库贮藏条件下,SA处理损伤接种的梨果实,均抑制了梨果的硬度下降,在贮藏后期,除冷库0.9 g/L SA处理果实硬度低于对照外,其他处理下降趋势不是很明显,可能是浓度为0.9 g/L SA处理促进了果实的成熟与衰老进程,促使了果实硬度的降低。使梨果实的果肉组成发生变化,导致硬度低于其他处理组。整个贮藏期间,0.7 g/L SA处理梨果实硬度最高。由图可知,0.7 g/L SA处理梨果能较好的保持果实的硬度,延长梨果的贮藏期。

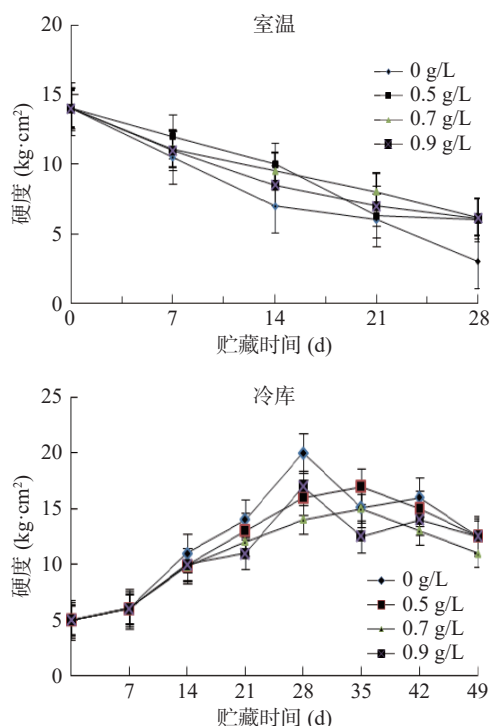


图3 SA处理梨果实在贮藏期间果实硬度的变化
Fig.3 Changes in fruit hardness of pear fruits treated by SA during storage

2.4 SA 处理香梨病斑形成过程中可溶性固形物含量的变化

库尔勒香梨果实中的可溶性固形物主要包括果胶、酸、糖等^[24]。在梨果实贮藏整个过程中(图4),可溶性固形物含量呈现先上升后下降的趋势,除冷库贮藏下0.9 g/L SA处理外,CK组处理的梨果实下降趋势最明显,损伤接种的致病菌生长繁殖较活跃,使得梨果中糖分被消耗,导致果实中可溶性固形物含量降低较多,这主要是由于可溶性固形物为呼吸代谢底物而被不断消耗。SA不同浓度处理可以降低梨果呼吸速率,减少呼吸底物的损耗。室温和冷库贮藏条件下,0.7 g/L SA处理梨果可溶性固形物含量较其他处理略高。

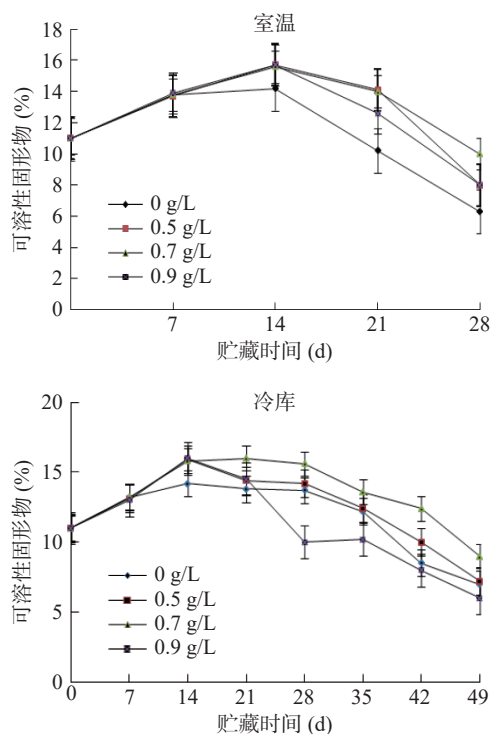


图4 SA处理梨果实在贮藏期间果实可溶性固形物的变化
Fig.4 Changes of soluble solids in pear fruits treated by SA during storage

2.5 SA 处理香梨病斑形成过程中可滴定酸含量的变化

水果中的可滴定酸直接影响着果实的风味口感^[25]。室温和冷库下(图5),损伤接种的梨果实,在14 d时,0.5 g/L SA接种的梨果贮藏品质中可滴定酸含量

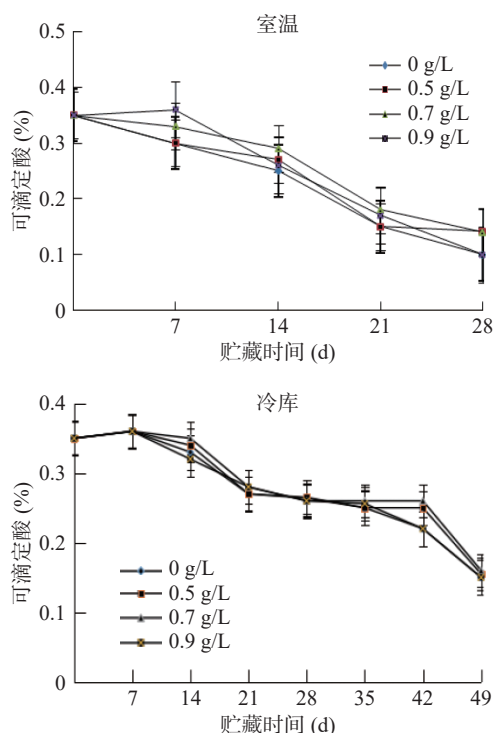


图5 SA处理梨果实在贮藏期间可滴定酸含量的变化
Fig.5 Changes of titratable acid content in pear fruits treated by SA during storage

与对照组差异不大,其他处理浓度可滴定酸含量均高于对照组。0.7 g/L SA 处理梨果在整个贮藏过程中可滴定酸含量显著高于对照($P<0.05$)。

2.6 SA 处理香梨病斑形成过程中果实 V_C 含量的变化

果蔬中 V_C 含量受果蔬种类、品种、成熟度和贮藏条件等的影响^[26]。如图 6 所示,损伤接种的梨果实在室温和冷库下贮藏,室温贮藏损伤接种的梨果实 V_C 含量在整个贮藏期均呈现下降趋势,冷库贮藏的梨果实在整个贮藏期, V_C 含量呈现先上升后下降的趋势。SA 处理的梨果实,都不同程度的减少了 V_C 含量下降,CK 组 V_C 含量下降速度较处理组快($P<0.05$),可能是 CK 组损伤接种的致病菌在梨果实中生长较活跃,导致梨果实生理特性中 V_C 含量下降速度较快。其中,0.7g/L SA 处理的梨果实在抑制 V_C 含量下降上效果最好。

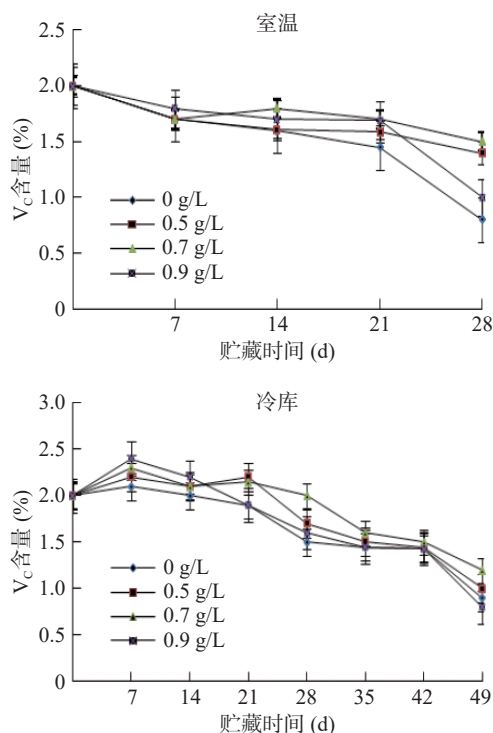


图 6 SA 处理梨果实在贮藏期间 V_C 含量的变化

Fig.6 Changes V_C content in pear fruits treated by SA during storage

2.7 SA 处理香梨病斑形成过程中果实丙二醛 (MDA) 含量的变化

丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物之一^[27],通常利用它的含量作为脂质过氧化指标,反应细胞膜脂过氧化的程度^[28]。丙二醛(MDA)在梨果实体内积累过多会对梨果实的细胞造成不同程度的损坏^[29],导致梨果实的细胞膜通透性变大,会促进果实中相关酶的活性^[30]。

如图 7 所示,损伤接种的梨果实在室温和冷库下贮藏,室温和冷库环境下贮藏的梨果实,丙二醛(MDA)含量都呈现上升的趋势,SA 处理组丙二醛含

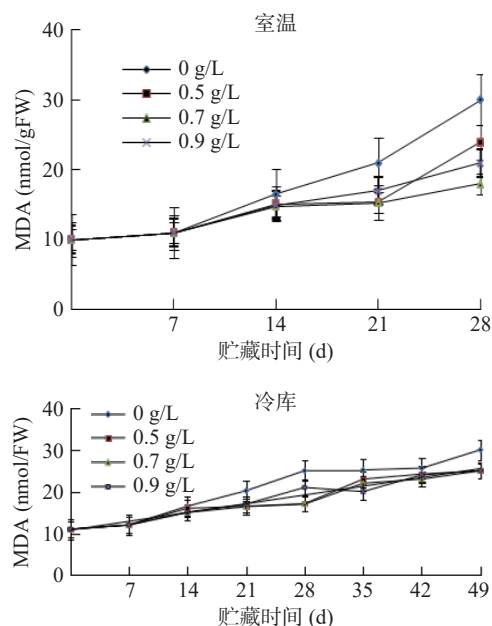


图 7 SA 处理梨果实在贮藏期间 MDA 含量的变化

Fig.7 Changes of MDA content in pear fruits treated by SA during storage

量低于 CK 组,随着香梨病斑的扩大,丙二醛含量积累的越慢。在整个贮藏过程中,0.7 g/L SA 处理的梨果实,丙二醛的含量上升速度最慢($P<0.05$),对梨果实的抑菌及保鲜效果最好。

3 结论

果实的后熟与衰老是一系列复杂变化的生理过程^[31],果实衰老程度与果实硬度、可溶性固形物含量呼吸速率、可滴定酸、MDA 等呈相关性^[32]。通过 PDA 培养基实验,观察测定不同浓度 SA 对黑头病致病菌菌丝生长直径的抑制情况,得出 0.9 g/L SA 处理对黑头病致病菌菌丝抑菌效果最佳。在室温及冷库环境下,先后损伤接种黑头病致病菌和不同浓度的 SA 的库尔勒香梨,通过观察测定其发病规律及生理指标。结果显示,冷库环境下贮藏的梨果实优于室温,在整个贮藏期间内,随着贮藏时间的延长,0.7 g/L SA 浓度处理的梨果实病斑直径最小,发病率最低,果实硬度、可溶性固形物含量(SSC)和可滴定酸含量的下降趋势低于 CK 组,抑制了梨果的呼吸强度,降低了呼吸高峰的峰值,延缓了梨果实可溶性固形物含量、可滴定酸、 V_C 含量、MDA 含量的下降速度,为有效抑制库尔勒香梨“黑头病”及延长果实贮藏期提供必要的理论与技术支持,进而可推动库尔勒香梨产业的更大发展。

参考文献

- [1] 程少波,江英,陈国刚. 库尔勒香梨贮藏期间黑头病发病与果实软化指标的相关性[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 268-274. [CHEN S B, JIANG Y, CHEN G G. Correlation between blackhead disease and fruit softening index of Korla fragrant pear during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(13): 268-274.]
- [2] 赵娟. 梨果实愈伤组织对致病真菌侵染的生理响应机制研

- 究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012. [ZHAO J. Study on physiological response mechanism of pear callus to rot-causing fungi in ffection[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2012.]
- [3] JIA X H, WANG W H, DU Y M, et al. Optimal storage temperature and 1-MCP treatment combinations for different marketing times of Korla Xiang pears[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, 17(3): 693–703.
- [4] SHU P, MIN D D, ZHOU J X, et al. The synergism of 1-methylcyclopropene and ethephon preserves quality of “Laiyang” pears with recovery of aroma formation after long-term cold storage[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 490.
- [5] WANG L, LUO W, SUN X, et al. Changes in flavor-relevant compounds during vine ripening of tomato fruit and their relationship with ethylene production[J]. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 2018, 59: 787–804.
- [6] 穆香轶, 张璇, 胡有贞, 等. 库尔勒香梨黑头病拮抗菌的筛选和鉴定[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(6): 1795–1806. [MU X Y, ZHANG X, HU Y Z, et al. Screening and identification of antagonistic bacteria against pear blackhead disease in korla[J]. *Bulletin of Microbiology*, 2020, 47(6): 1795–1806.]
- [7] 陈翔, 严伟东, 付兵, 等. 云和雪梨气调贮藏效果研究[J]. *中国果菜*, 2019, 39(2): 1–5. [CHEN X, YAN W D, FU B, et al. Study on controlled atmosphere storage of yunhe pear[J]. *Chinese Fruit and Vegetable*, 2019, 39(2): 1–5.]
- [8] 贾晓辉, 王文辉, 李世强, 等. 库尔勒香梨萼端黑斑病发生的原因[J]. *果树学报*, 2010, 27(4): 556–560. [JIA X H, WANG W H, LI S Q, et al. Study on the occurrence of black spot on calyx end of pear in korla[J]. *Journal of Fruit Tree*, 2010, 27(4): 556–560.]
- [9] 曹建康, 姜微波. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007, 23: 28. [CAO J K, JIANG W B. Physiological and biochemical experiment guidance of postharvest fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007, 23: 28.]
- [10] 陈运娣. 不同采摘期对早美酥梨果实品质的影响[J]. *河北林业科技*, 2006(4): 11–12. [CHEN Y D. Effect of different picking time on fruit quality of ZAO Meisu pear[J]. *Hebei Forestry Science and Technology*, 2006(4): 11–12.]
- [11] 吴玉鹏, 赵晓梅, 叶凯, 等. 钙和 1-MCP 处理对库尔勒香梨贮藏品质和萼端黑斑病的影响[J]. *新疆农业科学*, 2016, 53(1): 9–15. [WU Y P, ZHAO X M, YE K, et al. Effects of calcium and 1-MCP treatment on storage quality and black spot at calyx end of korla fragrant pear[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2016, 53(1): 9–15.]
- [12] 赵晓梅, 李疆, 吴玉鹏, 等. 不同处理对库尔勒香梨萼端黑斑病抗性诱导的研究[J]. *新疆农业大学学报*, 2014, 37(4): 333–338. [ZHAO X M, LI J, WU Y P, et al. Study on the induction of resistance to black spot at calyx end of korla pear under different treatments[J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2014, 37(4): 333–338.]
- [13] JIAO W X, LI X X, WANG X M, et al. Chlorogenic acid induces resistance against *Penicillium expansum* in peach fruit by activating the salicylic acid signaling pathway[J]. *Food Chemistry*, 2018, 260: 274–282.
- [14] 陈江龙. 不同温度和臭氧处理对黑宝石李贮藏生理及品质的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2013. [CHEN J L. Effects of different temperature and ozone treatment on storage physiology and quality of black gem plum[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2013.]
- [15] 韩艳文, 廉双秋, 韩云云, 等. 鸭梨 POD 基因的原核表达及成熟度和降温方法对其表达量的影响[J]. *食品科学*, 2017, 38(9): 40–45. [HAN Y W, LIAN S Q, HAN Y Y, et al. Prokaryotic expression of POD Gene of Yali pear and effects of maturity and cooling methods on its expression[J]. *Food Science*, 2017, 38(9): 40–45.]
- [16] 许鸿川. 植物学实验技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003, 9: 39. [XU H C. Experimental technique of botany[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2003, 9: 39.]
- [17] 赵猛, 阎根柱, 施俊凤, 等. 1-甲基环丙烯与乙烯吸收剂对黄金梨防褐保鲜效果的研究[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(4): 42–48. [ZHAO M, YAN G Z, SHI J F, et al. Effect of 1-methylcyclopropene and ethylene absorbent on anti-browning and preservation of whangkeumbae pear[J]. *Preservation and Processing*, 2019, 19(4): 42–48.]
- [18] 程少波, 杨焱, 郭敏瑞, 等. 基于 PCR-DGGE 技术对库尔勒香梨“黑头病”病变组织生物群落的初步研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2019, 38(2): 44–49. [CHENG S B, YAN Y, GUO M R, et al. Preliminary study on the biome of the diseased tissue of korla fragrant pear by PCR-DGGE[J]. *Journal of Food and Biotechnology*, 2019, 38(2): 44–49.]
- [19] FAN X G, YU X, ZHAO H D, et al. Improving fresh apricot (*Prunus armeniaca* L.) quality and antioxidant capacity by storage at near freezing temperature[J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 231: 1–10.
- [20] 曾倩. 采后浸钙处理对梨贮藏的影响[J]. *山西农经*, 2019(23): 101–107. [ZENG Q. Effect of post-harvest calcium leaching treatment on pear storage[J]. *Shanxi Agricultural Economics*, 2019(23): 101–107.]
- [21] 邵力平, 沈瑞祥, 张素轩, 等. 真菌分类学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984, 12: 25. [SHAO L P, SHEN R X, ZHANG S X, et al. Ungal taxonomy[M]. Beijing: China forestry publishing house, 1984, 12: 25.]
- [22] 郑永华, 席屿芳, 应铁进. 枇杷果实采后呼吸与乙烯释放规律的研究[J]. *果树科学*, 1993, 11(1): 38–40. [ZHENG Y H, XI Y F, YING T J. Tudy on the rule of respiration and ethylene release of postharvest loquat fruit[J]. *Fruit Science*, 1993, 11(1): 38–40.]
- [23] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育自学出版社, 2000. [LI H S. Principles and techniques of plant physiology and biochemistry experiment[M]. Beijing: Higher Education Self-study Publishing House, 2000.]
- [24] LIU X F, LI S R, FENG X X, et al. Study on cell wall composition, fruit quality and tissue structure of hardened ‘suli’ pears (*Pyrus bretschneideri* rehder) [J]. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2021, 40(5): 2007–2016.
- [25] ZHAO J, XIE X B, WANG S S, et al. 1-methylcyclopropene

affects ethylene synthesis and chlorophyll degradation during cold storage of 'Comice' pears[J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 260: 15–21.

[26] 刘佰霖, 王文辉, 马凤丽, 等. 自发气调包装和乙烯吸收剂对'玉露香'梨果实品质及耐贮性的影响[J]. *果树学报*, 2019, 36(7): 911–921. [LIU B L, WANG W H, MA F L, et al. Effects of modified atmosphere packaging and ethylene absorbent on fruit quality and storability of 'Yuluxiang' pear[J]. *Journal of Fruit Tree*, 2019, 36(7): 911–921.]

[27] GUO J M, WEI X Y, WANG Y, et al. Ripening behavior and quality of 1-MCP treated d'Anjou pears during controlled atmosphere storage[J]. *Food Control*, 2020, 117: 20–28.

[28] 翟赛亚, 孙亚楠. 河南省黄金梨储藏期果实褐变分析[J]. *河南农业*, 2019(8): 18–20. [ZHAI S Y, SUN Y N. Analysis of fruit browning of Huangjinli pear in Henan Province during storage[J]. *Henan Agriculture*, 2019(8): 18–20.]

[29] ZHAO Y N, GENG J H, ZH Y, et al. Changes in sugar meta-

bolism and fruit quality of different pear cultivars during cold storage[J]. *Transactions of Tianjin University*, 2019, 25(4): 389–399.

[30] 张中义. 中国真菌志第十四卷: 枝孢属、黑星孢属、梨孢属[M]. 北京: 北京科学出版社, 2005: 7–10. [ZHANG Z Y. Chinese mycology Vol. 14: *Cladosporium*, *Asterosporium*, *Pirospora*[M]. Beijing: Beijing Science Publishing House, 2005: 7–10.]

[31] 郑素慧, 何庆, 张健, 等. 采前水杨酸处理对红地球葡萄潜伏侵染及采后灰霉病的防控效果[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(2): 256–263. [ZHENG H S, HE Q, ZHANG J, et al. Effects of salicylic acid treatment on latent infection and postharvest gray mold of red globe grape[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(2): 256–263.]

[32] 马凤丽, 杜艳民, 王阳, 等. 1-MCP 对'玉露香'梨采后果实品质和叶绿素保持的影响[J]. *园艺学报*, 2019, 46(12): 2299–2308. [MA F L, DU Y M, WANG Y, et al. Effects of 1-MCP on fruit quality and chlorophyll retention of 'Yuluxiang' pear[J]. *Journal of Horticulture*, 2019, 46(12): 2299–2308.]