

李思雨, 徐士兵, 魏依桐, 等. 二氢吡吩铁对葡萄采后保鲜效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(5): 1240-1246.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2023.05.017

二氢吡吩铁对葡萄采后保鲜效果的影响

李思雨^{1,2}, 徐士兵³, 魏依桐⁴, 朱轩煜⁵, 周冬梅², 杨继硕^{1,2}, 滕 辉^{1,2}, 王晓莉¹, 邓 晟^{1,2}

(1. 淮阴工学院生命科学与食品工程学院, 江苏 淮安 223003; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 江苏 南京 210014; 3. 江苏省农垦发展股份有限公司滨淮分公司, 江苏 盐城 224551; 4. 南京外国语学校, 江苏 南京 210018; 5. 徐州鑫福康果业有限公司, 江苏 徐州 221000)

摘要: 二氢吡吩铁是一种新型的、源于蚕砂的植物生长调节剂, 其安全、绿色无污染, 已在粮食作物、经济作物和部分园艺作物上表现出广谱的增强作物抗逆性和增产效果。本研究评估不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液对冷藏和新鲜的白罗莎里奥葡萄保鲜效果, 以烂果率、果实硬度、可滴定酸含量、可溶性固形物含量为评价指标, 以水处理、1-甲基环丙烯(1-MCP)处理分别作为空白对照和阳性对照。在烂果程度方面, 冷藏葡萄, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 和0.02 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的烂果率低于其他处理, 分别为53.5%和48.4%; 新鲜葡萄, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的烂果率最低, 仅为18%。在硬度方面, 冷藏葡萄在0.10 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理后, 硬度值为1.07 N, 显著高于其他处理; 新鲜葡萄, 除0.40 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的硬度值较低外(为0.75 N), 其他处理与2个对照差异不大。在可滴定酸含量方面, 冷藏葡萄, 所有处理的可滴定酸含量均高于空白对照, 其中0.10 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的效果最好, 为0.18%; 新鲜葡萄, 1-MCP处理后的可滴定酸含量高于其他处理, 为0.24%。在可溶性固形物含量方面, 冷藏葡萄, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理后含量最高, 为19.3%; 新鲜葡萄, 0.10 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理后含量最高, 达到21.3%, 且所有处理的葡萄可溶性固形物含量均高于空白对照。综上, 使用二氢吡吩铁溶液处理葡萄具有较好的保鲜效果, 尤以质量浓度为0.04 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液的保鲜效果最好, 可以延长葡萄在室温密闭条件下的保存时间, 为葡萄保鲜提供新思路。

关键词: 二氢吡吩铁; 葡萄; 保鲜

中图分类号: S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)05-1240-07

Effects of iron chlorin e6 on post-harvest preservation of grapes

LI Si-yu^{1,2}, XU Shi-bing³, WEI Yi-tong⁴, ZHU Xuan-yi⁵, ZHOU Dong-mei², YANG Ji-shuo^{1,2}, TENG Hui^{1,2}, WANG Xiao-li¹, DENG Sheng^{1,2}

(1. School of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223003, China; 2. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 3. Binhuai Branch of Jiangsu Agricultural Reclamation Development Co., Ltd., Yancheng 224551, China; 4. Nanjing Foreign Language School, Nanjing 210018, China; 5. Xuzhou Xinfukang Fruit Industry Co., Ltd., Xuzhou 221000, China)

收稿日期: 2022-09-07

基金项目: 江苏省苏北科技专项(XZ-SZ202038); 江苏现代农业重大核心技术创新项目[CX(21)1011]

作者简介: 李思雨(1997-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 主要研究方向为园艺作物病害绿色防控及果蔬采后保鲜。(E-mail)lisiyu_yu123@163.com

通讯作者: 邓 晟, (E-mail) dengsheng@jaas.ac.cn; 王晓莉, (E-mail) xlwang@hyit.edu.cn

Abstract: Iron chlorin e6 is a new plant growth regulator derived from silkworm excrement. It is safe, green and pollution-free. Iron chlorin e6 has shown broad-spectrum effects on enhancing crop stress resistance and increasing yield in food crops, cash crops and some horticultural crops. In this study, the effects of different mass

concentrations of iron chlorin e6 solution on the preservation of chilled and fresh Rosario Bianco grapes were evaluated. Rotten fruit rate, fruit hardness, titrable acid content and soluble solids content were used as evaluation indices. Water treatment and 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment were used as blank control and positive control, respectively. In terms of the degree of rotten fruit, for refrigerated grapes, the fruit decay rates under 0.04 $\mu\text{g/ml}$ and 0.02 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 treatments were lower than those under other treatments, which were 53.5% and 48.4%, respectively. For fresh grapes, the fruit decay rate in the treatment of 0.04 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution was the lowest, only 18.0%. The hardness value of chilled grapes treated with 0.10 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution was 1.07 N, which was significantly higher than that of other treatments. For fresh grapes, the hardness value under the treatment of 0.40 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution was 0.75 N. Except for 0.40 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution treatment, the hardness values under other treatments were not significantly different from those of the two controls. In terms of titratable acid content, for chilled grapes, the titratable acid content of all treatments was higher than that of blank control. Among them, 0.10 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution treatment showed the best effect, and the titratable acid content was 0.18%. For fresh grapes, the titratable acid content under 1-MCP treatment was 0.24%, which was higher than that under other treatments. In terms of soluble solids content, for chilled grapes, the soluble solids content was the highest under the treatment of 0.04 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution, which was 19.3%. For fresh grapes, the soluble solids content under the treatment of 0.10 $\mu\text{g/ml}$ iron chlorin e6 solution was the highest, which was 21.3%, and the soluble solids content under all treatments was higher than that of blank control. In conclusion, the treatments with different concentrations of iron chlorin e6 solution had good preservation effect on grapes, especially when the concentration of iron chlorin e6 was 0.04 $\mu\text{g/ml}$. The results demonstrated that iron chlorin e6 could prolong the preservation time of grapes under closed conditions at room temperature and provide new ideas for grape preservation.

Key words: iron chlorin e6; grape; preservation

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是一种深受人们最喜爱的水果^[1]。葡萄是浆果,糖分含量高,在室温下储存时容易软化和腐烂^[2],因此寻找一种安全、绿色、节能的保鲜方式延长葡萄货架期显得尤为重要。目前中国较主流的鲜食葡萄品种有巨峰、夏黑、寒香蜜、阳光玫瑰、白罗莎里奥等。白罗莎里奥是晚熟葡萄品种的代表,最初来自日本,由 Rosaki 与亚力山大红玫瑰杂交选育而成,其优点是品质好,不裂果,不落粒,极晚熟^[3-4]。

目前鲜食葡萄采后保鲜主要有物理保鲜、化学保鲜和生物技术保鲜3种措施。物理保鲜常用的方法有低温保鲜、臭氧保鲜和气调贮藏保鲜;化学保鲜常用的是植物激素抑制剂和其他的化学制剂,如 SO_2 、 ClO_2 、1-甲基环丙烯(1-MCP)、乙醇^[5],但部分措施存在能耗高和污染环境的问题。生物技术保鲜,主要是利用植物内源的活性化合物进行保鲜,包括黄酮类、多糖类、生物碱、酚类等^[6],由于其是纯天然的活性成分,环保安全,是目前受到关注的研究热点。此外,采用以上几种方法组合的保鲜策略也是较为常见的,比如传统的化学保鲜剂(如:1-MCP)结合低温(0℃左右)处理等^[7]。

二氢吡吩铁(iron chlorin e6, CAS号:15492-44-1)是江苏省农业科学院与南京百特生物工程有限公司联合开发的一种新型植物生长调节剂。它是从蚕砂中提取的一种天然化合物,其与叶绿素、血红素结构相近^[8]。大量试验结果表明,二氢吡吩铁不仅能促进植物生长,还能增强作物抗逆性,例如,促进水稻和烟草生长以及提高越冬期油菜的抗冻能力^[9-11]。前人将一定浓度的二氢吡吩铁处理巨峰葡萄,对巨峰葡萄的生长和产量有促进效果^[12]。

本研究拟评估二氢吡吩铁在葡萄品种白罗莎里奥采后保鲜方面的效果,以常用的水果保鲜剂1-甲基环丙烯(1-MCP)^[13]为阳性对照,为葡萄以及其他水果的采后贮藏保鲜提供新思路。

1 材料与方法

1.1 葡萄品种及来源

供试葡萄品种为白罗莎里奥,采集自镇江句容市,将腐烂、开裂或有破损的葡萄去除后,选择成熟度一致的葡萄为试验材料。新鲜采集的葡萄一部分置于5℃冷库保存,2周后取出葡萄(冷藏葡萄)进行保鲜试验;另一部分则将新鲜葡萄直接带回实验室进行保鲜试验。

1.2 仪器与试剂

仪器:水果硬度计(GY-2),河北润联机械设备有限公司产品;PAL-1 型便携式手持折光仪,日本 ATAGO(爱拓)产品。

试剂:二氢吡吩铁 2%母药,由南京百特生物公司提供;1-MCP 便携包,商品名:鲜博士(农药登记证号:PO20152252)。

1.3 葡萄处理

将 2 个批次的葡萄(冷藏葡萄、新鲜葡萄)均分别进行以下 6 种处理,包括:水处理、1-甲基环丙烯(1-MCP)便携包处理以及 4 种不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液处理。具体的处理步骤和试验条件如下:

水处理(Control):将葡萄串完全浸没于常温的灭菌水中,1 min 后小心取出,置于通风阴凉处晾干后放入聚乙烯盒中,聚乙烯盒用保鲜袋包裹密封,于黑暗中、室温(25.0 ± 0.5) °C 静置存放,6 d 后测定其各项指标。本处理共进行了 6 次重复。

1-MCP 便携包处理:将葡萄串和 1-MCP 便携包一起放入聚乙烯盒中并用保鲜袋包裹密封,于黑暗中、室温(25.0 ± 0.5) °C 下静置存放,6 d 后测定其各项指标。本处理共进行了 6 次重复。

二氢吡吩铁处理:共设 4 个处理,用灭菌水将 2%的二氢吡吩铁可溶性粉剂稀释,使其质量浓度分别为 0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、0.10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$,现配现用。将葡萄串浸泡在不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液中 1 min,小心取出,置于通风处晾干后放于聚乙烯盒中,并装入保鲜袋包裹密封,于黑暗中、室温(25.0 ± 0.5) °C 静置存放,6 d 后测定其各项指标。以上各质量浓度的二氢吡吩铁水溶液处理均重复 6 次。

1.4 评价指标

1.4.1 烂果率 以果实无损伤、无腐烂、无病斑、无菌体为好果判定标准,记录葡萄总果数和烂果数,烂果率=(烂果数/总果数) $\times 100\%$ 。

1.4.2 硬度 每个处理随机选择 3 颗葡萄,将葡萄小心剥皮后,在每个葡萄果实的 3 个不同位置采用水果硬度计测量硬度,求其平均值,作为该处理葡萄的硬度值。

1.4.3 可溶性固形物含量 使用 PAL-1 便携式手持折光仪测定可溶性固形物的含量。

1.4.4 可滴定酸含量 使用酸碱中和滴定法测定

可滴定酸含量,将各处理的葡萄分别取样 5 g 进行分析^[14]。具体计算公式如下:

$$\text{可滴定酸含量} = (C \times V \times k) / V_1 \times (40/m) \times 100\%$$

公式中 C 为氢氧化钠标准溶液摩尔浓度(mol/L); V 为滴定所消耗的氢氧化钠标准溶液体积(ml); k 为换算为某种酸质量(g)的系数(葡萄采用酒石酸, $k=0.075$), V_1 为滴定用的样液体积(ml),40 为试样浸提后定容体积(ml), m 为试样质量(g)。

1.5 数据统计与分析

所得数据采用 Excel 和 Graphpad prism 进行统计作图,使用 SPSS 单因素方差分析进行显著性检验。

2 结果与分析

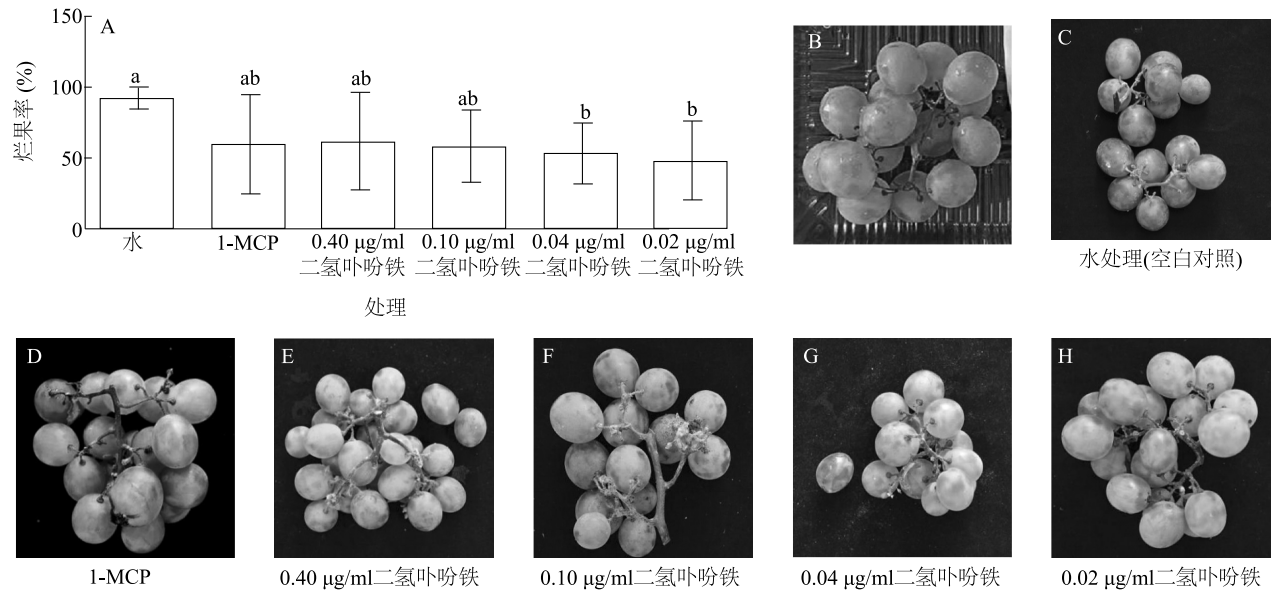
2.1 不同质量浓度二氢吡吩铁溶液处理对葡萄烂果率的影响

新鲜的葡萄在运输和贮藏过程中常处于相对封闭的环境,湿度大,容易使果实后熟加快以及受到病原物的侵染,造成葡萄的腐烂。衡量葡萄保鲜效果的指标中最重要的就是烂果率。我们模拟了生产过程中可能出现的 2 种葡萄存放方式:一是将采摘后的葡萄置于冷库,冷藏 2 周后取出进行试验处理;二是将新鲜采摘后的葡萄直接进行试验处理。水处理作为空白对照,1-MCP 处理作为阳性对照。

图 1 为冷藏葡萄的试验结果,处理前葡萄的果柄已经部分褐色干枯,但是葡萄果实没有腐烂。结果表明,所有质量浓度的二氢吡吩铁溶液处理和阳性对照烂果率均低于空白对照(92.1%),其中 0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的果实烂果率显著低于空白对照,分别为 53.5% 和 48.4%。

对于新鲜采摘的葡萄,也进行了相同处理保鲜试验(图 2)。在处理第 6 d 观察发现,二氢吡吩铁 0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 处理烂果率只有 18%,显著低于空白对照(35%)和 1-MCP 处理阳性对照(34%)。其他质量浓度的二氢吡吩铁溶液处理组除了 0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 的效果较差,烂果率达到 57%,0.10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 和 0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 处理的烂果率,分别为 39% 和 36%。

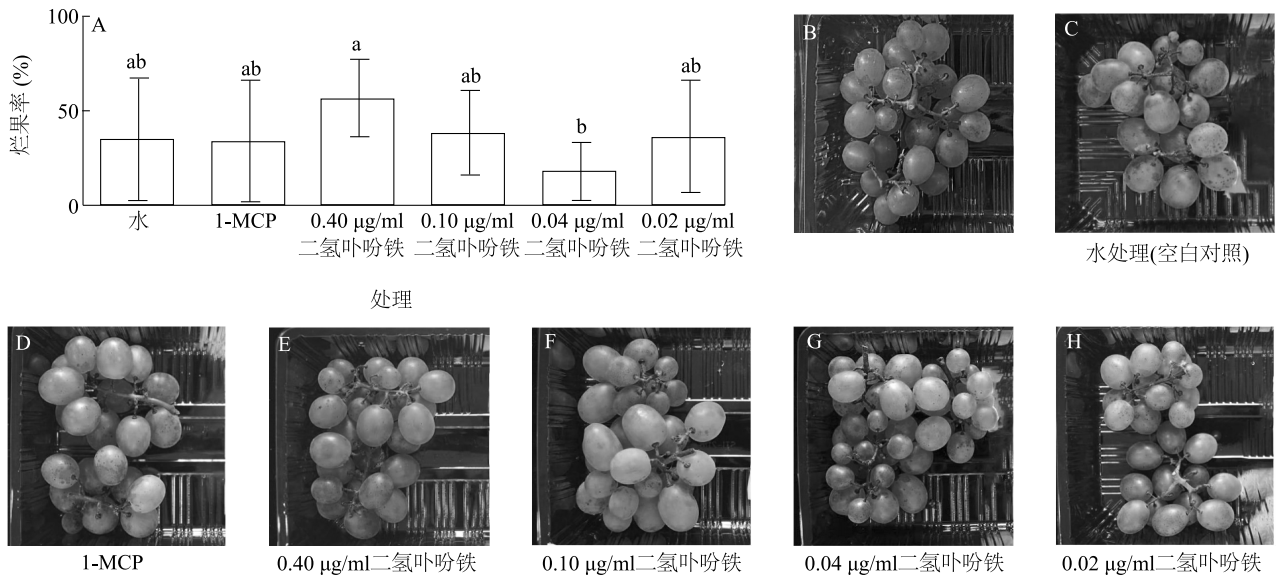
综上,对于冷藏葡萄或者新鲜葡萄,0.04 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理可以显著降低烂果率。



A:不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液(0.40 µg/ml、0.10 µg/ml、0.04 µg/ml和0.02 µg/ml)、水处理对照以及1-MCP处理阳性对照的葡萄烂果率; B:冷藏2周后的葡萄照片; C~H:水、1-MCP以及0.40 µg/ml、0.10 µg/ml、0.04 µg/ml、0.02 µg/ml二氢吡吩铁溶液处理冷藏2周葡萄6 d后的照片。不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图1 冷藏葡萄在不同处理下的果实腐烂率

Fig.1 Fruit decay rate of chilled grapes under different treatments



A:不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液(0.4 µg/ml、0.1 µg/ml、0.04 µg/ml和0.02 µg/ml)、水处理对照以及1-MCP处理阳性对照的葡萄烂果率; B:新鲜葡萄; C~H:水、1-MCP以及0.40 µg/ml、0.10 µg/ml、0.04 µg/ml、0.02 µg/ml二氢吡吩铁溶液处理新鲜葡萄6 d后的照片。不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

图2 新鲜葡萄在不同处理下的果实腐烂率

Fig.2 Fruit decay rate of fresh grapes under different treatments

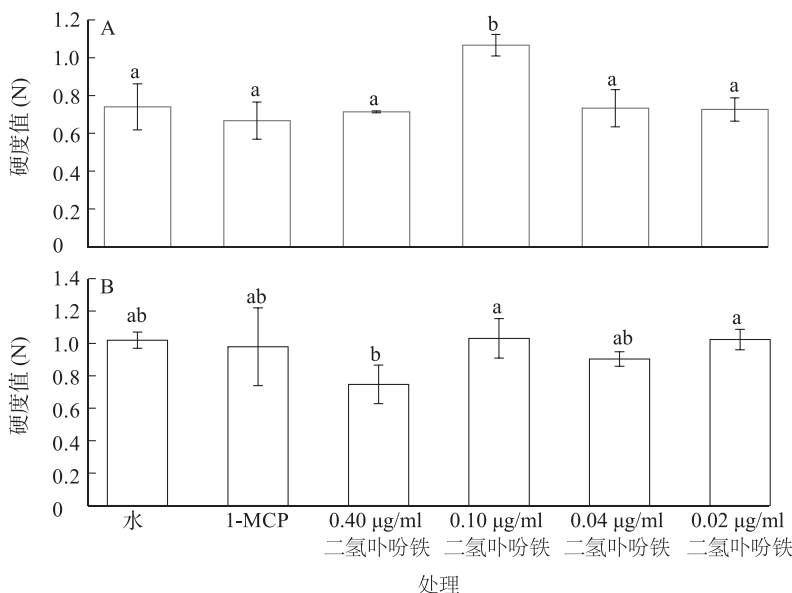
2.2 不同质量浓度二氢吡吩铁溶液处理对葡萄硬度的影响

在贮藏过程中,葡萄果实中的果胶会慢慢被果

胶酶分解,导致果实变软^[15]。冷藏葡萄或者新鲜葡萄,在二氢吡吩铁溶液处理后6 d,果实硬度与空白对照相比均有不同程度的变化(图3)。冷藏葡萄在

处理后第 6 d, 0.40 $\mu\text{g/ml}$ 、0.04 $\mu\text{g/ml}$ 、0.02 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的葡萄硬度与空白对照无显著差异, 而 0.10 $\mu\text{g/ml}$ 处理的葡萄硬度显著高于空白对照和其他处理, 为 1.07 N (图 3A)。对于新鲜葡萄而言, 质量浓度为 0.4 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处

理处理的葡萄硬度值最低, 仅为 0.75 N, 而 0.1 $\mu\text{g/ml}$ 处理的葡萄硬度值最高, 为 1.03 N (图 3B)。结果表明, 0.1 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理对维持葡萄果实硬度有一定的效果。



A: 冷藏葡萄; B: 新鲜葡萄。不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图3 不同处理对葡萄硬度的影响

Fig.3 Effects of different treatments on the hardness of grapes

2.3 不同质量浓度二氢吡吩铁溶液处理对葡萄可滴定酸含量的影响

葡萄风味和品质好坏也会被可滴定酸含量影响。对于鲜食葡萄品种, 糖度越高, 酸度适中, 则风味浓, 品质优; 对于加工葡萄品种, 则要求高糖或高酸^[16]。对于冷藏后的葡萄果实, 二氢吡吩铁溶液和 1-MCP 处理的葡萄可滴定酸含量均高于水处理 (空白对照), 其中 0.40 $\mu\text{g/ml}$ 、0.10 $\mu\text{g/ml}$ 和 0.02 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理显著高于空白对照 (图 4A)。对于新鲜葡萄, 1-MCP 处理的葡萄可滴定酸含量显著高于其他处理 (图 4B)。该结果表明, 对于冷藏葡萄, 二氢吡吩铁溶液处理可以提高可滴定酸的含量; 而对于新鲜葡萄, 在提高可滴定酸含量方面, 传统的 1-MCP 处理更有优势。

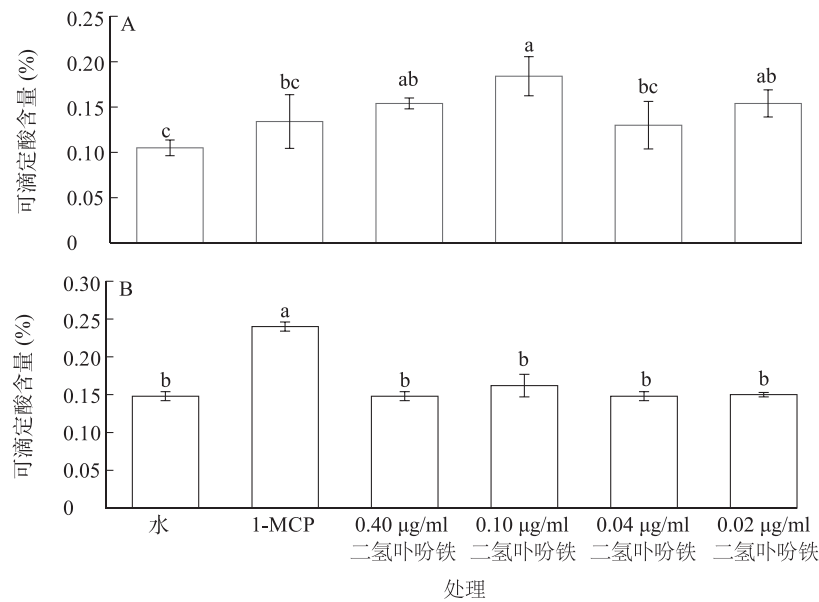
2.4 不同质量浓度二氢吡吩铁溶液处理对葡萄可溶性固形物含量的影响

葡萄成熟度和品质是由可溶性固形物来判断的^[17]。对于冷藏葡萄, 用不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液处理 6 d 后, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处

理与水处理 (空白对照) 的可溶性固形物含量显著高于其他处理 (图 5A); 而对于新鲜葡萄, 所有处理均显著高于空白对照, 其中 0.10 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的葡萄可溶性固形物含量是 21.3%, 显著高于其他处理。结果表明, 二氢吡吩铁对于保持可溶性固形物含量方面具有较好的作用, 但其质量浓度需要根据具体情况进行调整和优化。

3 讨论与结论

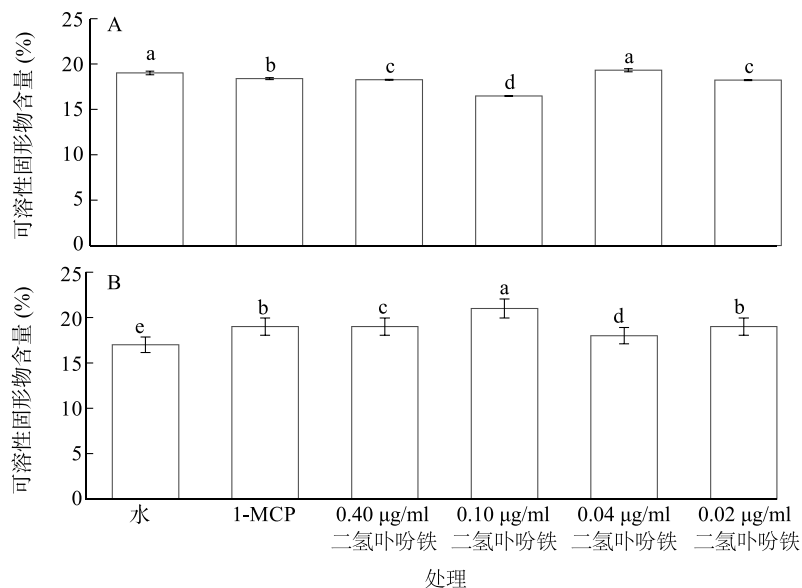
本研究以水处理和 1-MCP 处理为对照, 用不同质量浓度的二氢吡吩铁溶液对冷藏葡萄以及新鲜葡萄进行处理, 评估二氢吡吩铁对葡萄的保鲜效果。在烂果程度方面, 对于冷藏葡萄, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 和 0.02 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理的烂果率显著低于空白对照, 分别为 53.5% 和 48.4%; 对于新鲜葡萄, 0.04 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理后的烂果率最低, 仅为 18%。在硬度方面, 冷藏葡萄在 0.10 $\mu\text{g/ml}$ 二氢吡吩铁溶液处理后, 硬度值为 1.07 N, 显著高于其他处理; 对于新鲜葡萄, 除 0.40 $\mu\text{g/ml}$ 的



A: 冷藏葡萄; B: 新鲜葡萄。不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图4 不同处理对葡萄可滴定酸含量的影响

Fig.4 Effects of different treatments on the titratable acid content of grapes



A: 冷藏葡萄; B: 新鲜葡萄。不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图5 不同处理对葡萄可溶性固形物含量的影响

Fig.5 Effects of different treatments on the soluble solids content of grapes

二氢卟吩铁溶液处理的硬度值较低外(为 0.75 N),其他处理与对照差异不大。在可滴定酸含量方面,对于冷藏葡萄,所有处理的可滴定酸含量均高于水处理(空白对照),其中 0.10 µg/ml 二氢卟吩铁溶液处理的效果最好,为 0.18%;对于新鲜葡萄,1-MCP 处理后的可滴定酸含量高于其他处理,为 0.24%。

在可溶性固形物含量方面,冷藏葡萄在 0.04 µg/ml 二氢卟吩铁溶液处理下可溶性固形物含量最高,为 19.3%;而对于新鲜葡萄,0.10 µg/ml 二氢卟吩铁溶液处理后的含量最高,达到 21.3%,且所有其他处理的葡萄可溶性固形物含量均高于空白对照。综上,根据葡萄状态的不同,使用一定质量浓度的二氢

叶吩铁溶液处理葡萄,具有较好的保鲜效果。

二氢叶吩铁在农药领域属于植物生长调节剂,前期试验中,在多种作物上使用二氢叶吩铁都可以起到明显的免疫诱抗效果,同时增强了作物对非生物胁迫的耐受性,提高作物产量^[9-12]。本研究首次将二氢叶吩铁应用于水果保鲜,对葡萄品种白罗莎里奥处理后的保鲜效果进行了分析。在保鲜处理方式上,本试验使用的是二氢叶吩铁水溶液直接浸泡葡萄串,而在葡萄采摘之前对葡萄喷施二氢叶吩铁溶液或者与其他保鲜措施(如冷藏)联合使用的相关技术和效果还需要探索。

此外,由于二氢叶吩铁调控果实成熟以及保鲜的作用机理尚待进一步明确。本研究结果揭示,不同质量浓度的二氢叶吩铁溶液处理葡萄后的保鲜效果完全不同,甚至相反。例如,对于新鲜葡萄,在经过 0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 二氢叶吩铁溶液处理后,硬度值低于 2 个对照,其可能的原因是:第一,与其他植调剂类似,药剂浓度在跨过某个阈值后,会对植物造成完全不同、甚至相反的效果。例如我们在用二氢叶吩铁处理草莓果实的试验中,质量浓度越低(0.02 $\mu\text{g}/\text{ml}$),保鲜效果越好;而质量浓度在 0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 时,不但没有保鲜效果,还会促进草莓的软化和腐烂;第二,高质量浓度的二氢叶吩铁可能会激活果实中乙烯信号途径,导致果实的后熟加快,细胞壁加速软化。本试验中也得到了印证,即高质量浓度(0.40 $\mu\text{g}/\text{ml}$)二氢叶吩铁溶液处理不但没有减少烂果率,与空白对照相比烂果的数量反而显著增加。另外,葡萄果实是非呼吸跃变型果实,而果梗是呼吸跃变型^[18],在贮藏运输期间,果梗会由绿转黄,发生褐变^[19],而二氢叶吩铁到底是作用在果梗上还是在葡萄果实本身,从而达到保鲜作用,还需要更进一步的研究来揭示。

参考文献:

- [1] 陈锦永,程大伟,何莎莎,等. 不同葡萄品种果实营养品质差异及综合评价[J]. 江西农业学报, 2020,32(10):72-76.
- [2] 陆 滢,管维良,陈山乔,等. 马尾松-虎耳草复合精油保鲜处理对阳光玫瑰葡萄贮藏期内品质的影响[J]. 食品工业科技, 2022,44(3):346-355.
- [3] 王华新,沈建生,陈一帆,等. 白罗莎里奥葡萄设施栽培关键技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010(6):46-47.
- [4] 李正平. 晚熟葡萄品种——白罗莎里奥[J]. 西北园艺, 2006(2):28.
- [5] 李志谦,李靖雯,邹东方,等. 葡萄采后贮藏过程中穗梗褐变的研究进展[J]. 河南农业大学学报, 2021,55(5):815-820.
- [6] 王 阳,佟 伟,张文江,等. 植物提取物在葡萄保鲜中的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2022,22(4):116-120.
- [7] 郑碧霞,戴小梅,李长林,等. 不同复合保鲜处理对‘夏黑’果实贮藏效果的影响[J]. 中国农学通报, 2022,38(7):135-143.
- [8] 任 勇,王一凡,丁丽莺,等. 具有植物生长调节活性的二氢叶吩铁(Ⅲ)螯合物及其作为植物生长调节剂的应用:CN102285992A[P]. 2011-06-28.
- [9] 郭丽华,唐为爱,李万梅. 0.02%二氢叶吩铁 DP 调节油菜生长的药效试验[J]. 上海蔬菜, 2016(2):53-54.
- [10] XIE Y, WEI L, JI Y, et al. Seed treatment with iron chlorine E6 enhances germination and seedling growth of rice[J]. Agriculture, 2022, 12(2): 218.
- [11] 邢宇俊,陈黎明,孟东峰,等. 0.02%二氢叶吩铁可溶粉剂在烟草上的应用效果[J]. 江苏农业科学, 2020,48(24):91-94.
- [12] 徐剑宏,史建荣,邢宇俊,等. 新型植物生长调节剂 0.02%二氢叶吩铁可溶粉剂对葡萄生长增产效果的初探[J]. 农药, 2020,59(12):933-936.
- [13] 段绘叶,李东立,许文才,等. SO_2 和 1-MCP 保鲜剂对巨峰葡萄保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2013,34(23):33-37,59.
- [14] 王 娜,黄永东,余鸿燕,等. 自动电位滴定法与手动滴定法测定水果中可滴定酸的比较[J]. 南方农业, 2019,13(30):134-136.
- [15] 葛孟清,董天宇,樊秀彩,等. 葡萄浆果质量、体积及相关性状的调查[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2020(1):22-30.
- [16] 高向阳,张平安,刘 恬,等. 超声波-中性甲醛浸提-固定 pH 法快速测定水果中的总酸度[J]. 食品科学, 2008,29(4):341-343.
- [17] 徐呈祥,郑福庆,马艳萍,等. 二氧化氯处理对贡柑采后贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020,46(3):201-206.
- [18] CHERVIN C, EL-KEREAMY A, ROUSTAN J P, et al. Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit[J]. Plant Science, 2004, 167(6):1301-1305.
- [19] 李明娟,游向荣,文仁德,等. 葡萄果实采后生理及贮藏保鲜方法研究进展[J]. 北方园艺, 2013(20):173-178.

(责任编辑:成纾寒)