

无硫复合护色剂联合1-MCP对大枣贮藏品质改善的研究

李新明, 李群, 许光映*

(山西农业大学 山西功能食品研究院, 山西 太原 030000)

摘要:以大枣为原料,用无硫复合护色剂联合1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)处理,研究其在0℃下对八成熟大枣的保鲜效果。结果表明,无硫复合护色剂和1-MCP处理均可有效保持冷藏枣品质,显著降低冷藏枣的腐烂率、呼吸速率,维持较高的果肉硬度、可滴定酸含量和抗氧化酶活力($p < 0.05$)。无硫复合护色剂和1-MCP联合处理对冷藏枣的保鲜效果高于二者单一处理的效果,有较好的叠加效应。无硫复合护色剂联合1-MCP处理对降低冷藏枣腐烂率、延长枣的贮藏品质有着良好效果。

关键词:无硫复合护色剂;1-甲基环丙烯;大枣;腐烂率;贮藏

Study on the Improvement of Storage Quality of Jujube by Sulfur Free Compound Color Fixative Combined with 1-MCP

LI Xin-ming, LI Qun, XU Guang-ying*

(Shanxi Institute for Functional Food, Shangxi Agricultural University, Taiyuan 030000, Shanxi, China)

Abstract: The preservative effects of a color-protective reagent that contained sulfur-free compounds combined with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on eight mature jujube fruit samples at 0℃ was studied. The treatment with this combination effectively maintained the quality of the jujube fruits, significantly ($p < 0.05$) reduced their decay and respiration rates, and enabled the maintenance of the flesh hardness, titratable acid content, and antioxidant enzyme activity of the jujube fruits at high levels. These preservative effects were superior to those of the single treatments with the color-protective reagent or 1-MCP. The combination treatment displayed good synergistic effects. These findings indicated the efficacy of this combination treatment in reducing the decay rate and prolonging the storage quality of jujube.

Key words: sulfur-free compound color-protection reagent; 1-methylcyclopropene; jujube; decay rate; storage

引文格式:

李新明, 李群, 许光映. 无硫复合护色剂联合1-MCP对大枣贮藏品质改善的研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(15): 67-72.

LI Xinming, LI Qun, XU Guangying. Study on the Improvement of Storage Quality of Jujube by Sulfur Free Compound Color Fixative Combined with 1-MCP[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 67-72.

鲜枣果实肉脆味美、营养丰富,含有较高的糖、蛋白质、脂肪、V_C、V_D、B族维生素以及Fe、P、Ca、Zn等矿物质元素。枣果水分含量大,采后易失水、皱缩,果肉软化、褐变、腐烂、酒化,在常温下保鲜期仅有3 d~5 d。生

产上多以干枣保存,因此鲜枣的贮藏保鲜研究显得十分重要^[1]。

鲜贮枣衰老过程中发生一系列复杂的生理变化,包括细胞壁的降解、内含物的变化、呼吸速率改变以及其它代谢。细胞的衰老是由于细胞壁及细胞膜的损坏,从而导致细胞结构的瓦解。造成细胞损伤的一个重要因素是活性氧分子引发的膜质过氧化,这一过程破坏了细胞膜的结构及膜结构酶的活性^[2],使细胞易受病

基金项目:山西省农业科学院科研项目(YCX2018D2T12)

作者简介:李新明(1970—),男(汉),副研究员,博士,研究方向:食品加工科学。

*通信作者:许光映,男(汉),副研究员,研究方向:食品科学。

菌侵染,严重地制约了鲜食枣贮运。因此,将贮藏保鲜技术用于枣贮运成为亟待解决的问题。目前,国内外枣果保鲜技术主要包括气调贮藏、冷藏保鲜、减压贮藏等^[1],上述保鲜技术均可在一定程度上延长鲜枣货架期。然而在实际推广应用时气调保鲜费用高昂,对气体成分控制要求高;冷藏保鲜会对枣产生冷害、褐斑腐烂,导致枣品质下降;减压处理可能会导致枣果失水、风味降低且成本偏高。因此,开发便捷高效的枣保鲜技术,延长果实贮藏保鲜期,具有现实意义。

本试验在前期试验开发研究的无硫复合护色剂基础上,以冷藏枣为原料,拟通过1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,1-MCP)和无硫复合护色剂处理,探讨不同处理对冷藏枣贮藏品质及相关酶活性的影响,为枣贮藏保鲜提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

大枣:市售,果实成熟度为八成熟,没有机械损伤、没有病虫害,色泽大小均一。

NaCl:上海德榜化工有限公司;柠檬酸:天津市北辰方正化学试剂厂;异抗坏血酸钠:广东翁江化学试剂有限公司;CaCl₂:天津博迪化工股份有限公司;乙二胺四乙酸二钠(ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt,EDTA2Na):德州润昕实验仪器有限公司;所有试剂均为分析纯。

GY-1型果实硬度计:四平市兴科仪器仪表厂;HC-36188型高速冷冻离心机:安徽中科中佳科学仪器有限公司;T6型紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限公司;JJ-1000精密型电子天平:常熟双杰测试仪器厂。

1.2 分组和处理

枣随机分为4组:对照组(不做任何处理)、无硫复合护色剂组(1.4%浸泡8h)、1-MCP组(0.7 μL/L处理12h)、无硫复合护色剂+1-MCP组(先无硫复合护色剂处理8h,沥干水,1-MCP处理12h),处理完毕后取出枣,将不同处理组的枣放入冷藏库中,设定贮藏温度为0℃,贮藏50d,每隔10d取出枣,测定各项预设指标。

1.3 试验方法

1.3.1 硬度和腐烂率测定

1.3.1.1 硬度

随机取若干个冷藏枣,在每个果实最大横径处去皮,然后将硬度计垂直于被测表面,在均匀力的作用下将压头压入果肉内5mm处,以此时指针的读数作为冷藏枣的硬度。单果重复4次,测定10个果实的硬

度,取平均值。单位为N。

1.3.1.2 腐烂率

随机选取50枚冷藏枣,果实出现菌斑、流水、霉变等均视为腐烂果实。按照公式计算腐烂率。

腐烂率/%=(果实腐烂个数/果实总个数)×100

1.3.2 多酚氧化酶(polyphenol oxidase,PPO)活力测定

PPO活力测定参考文献[4],并稍做修改。

1.3.3 过氧化物酶(peroxidase,POD)活力测定

POD活力测定参考文献[4],并稍做修改。

1.3.4 超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)活力测定

SOD活力测定采用氮蓝四唑(nitro-blue tetrazolium,NBT)光化还原法^[9]。以抑制NBT光化学还原50%为1个酶活力单位,结果以U/g FW表示。

1.3.5 过氧化氢酶(catalase,CAT)活力测定

CAT活力采用紫外吸收法测定,均匀称取2g冷藏枣果肉,加10mL 0.2 mol/L磷酸缓冲液(pH 6.4)冰浴研磨,4℃下13 000 r/min离心20 min,取上清液进行酶活力的测定,每隔1 min测定240 nm波长处吸光度,连续监测5 min,结果以1 min减少0.01吸光度所需酶量为1个CAT活性单位,单位为U/g FW。

1.3.6 呼吸强度、可滴定酸(titratable acid,TA)含量和维生素C含量测定

呼吸强度和TA含量测定采用酸碱滴定法。测定结果分别用CO₂/(h·kg)FW和(H⁺)mmol/kg FW来表示;维生素C含量测定采用2,6-二氯酚钠盐法,测定结果用mg/100 g FW来表示。

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

参照文献[6]的测定方法,采用数显折射仪测定。

1.3.8 乙烯释放量的测定

参照文献[7]的测定方法,测定乙烯(C₂H₂)含量,重复3次取平均值。乙烯释放量的单位为μL/(kg·h)。

1.3.9 多酚含量测定

参照文献[8]的测定方法,测定多酚的含量。

1.4 数据处理

采用SPSS17.0软件进行单因素方差分析(ANOVA)及Duncan法多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对冷藏枣腐烂率的影响

不同处理对冷藏枣腐烂率的影响见图1。

由图1可知,在贮藏期间,冷藏枣腐烂率呈上升趋势,不同处理对枣腐烂率影响较大。贮藏50d后,经不

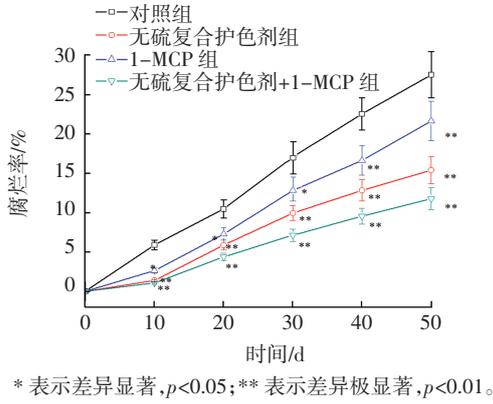


Fig.1 Decay rate of different refrigerated jujube treatment groups

同处理后,各组腐烂率与对照组相比存在极显著差异($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与1-MCP均能极显著抑制冷藏枣腐烂,有效降低冷藏枣腐烂率($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与1-MCP的联合处理产生叠加的效果,对冷藏枣腐烂的抑制更佳。

2.2 不同处理对冷藏枣呼吸速率的影响

呼吸作用直接或间接的关系着果实组织内的各种生理生化过程,与成熟衰老密切相关。常用呼吸强度来衡量果实的生理状态^[9]。不同处理对冷藏枣呼吸速率的影响见图2。

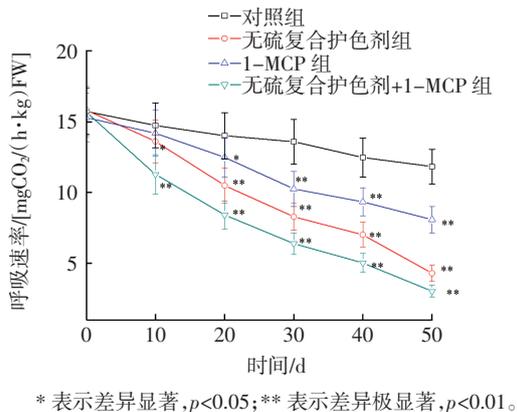


图2 不同处理组冷藏枣的呼吸速率
Fig.2 Respiratory rate of different refrigerated jujube treatment group

由图2可知,在贮藏期间,冷藏枣的呼吸速率呈下降趋势,不同处理对枣呼吸速率影响较大。贮藏50d后,经不同处理后冷藏枣呼吸速率与对照相比存在极显著差异($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与1-MCP均能极显著抑制枣的呼吸速率,有效降低冷藏枣的营养消耗($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与1-MCP的联合处理,产生叠加的效果对冷藏枣呼吸速率的抑制尤其显著($p < 0.01$)。这表明无硫复合护色剂与1-MCP处理抑止了冷藏枣的呼吸速率,降低了冷藏枣的生理代

谢能力,延缓了冷藏枣贮藏期间的品质衰败速度。

2.3 不同处理对冷藏枣乙烯释放量的影响

不同处理对冷藏枣乙烯释放量的影响见图3。

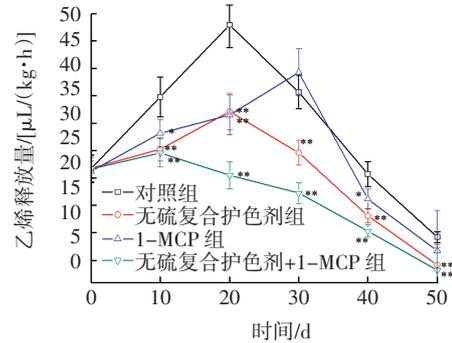


图3 不同处理组冷藏枣的乙烯释放量
Fig.3 Ethylene production in different refrigerated jujube treatment groups

由图3可知,在贮藏期间,冷藏枣的乙烯释放量呈先上升后下降趋势,不同处理对冷藏枣乙烯释放量影响较大。贮藏50d后,经不同处理后冷藏枣乙烯释放量与对照相比存在极显著差异($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与1-MCP均能极显著抑制冷藏枣的乙烯释放量,有效延迟冷藏枣果乙烯释放量高峰的出现($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与1-MCP的联合处理产生叠加效果对冷藏枣乙烯释放量的抑制尤其显著($p < 0.01$)。由此表明无硫复合护色剂与1-MCP通过控制乙烯的释放量和延迟乙烯释放高峰来抑制呼吸作用从而降低枣果的代谢。

2.4 不同处理对冷藏枣硬度的影响

不同处理对冷藏枣硬度的影响见图4。

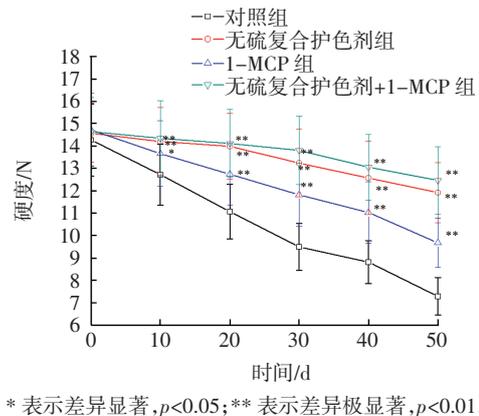


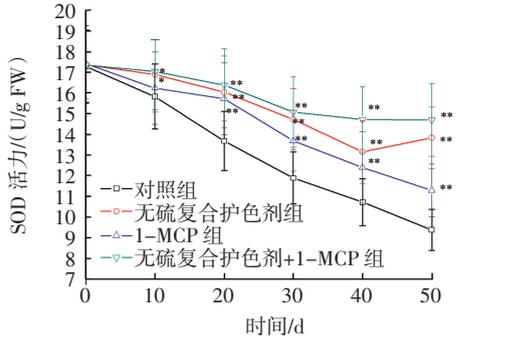
图4 不同处理组冷藏枣的硬度
Fig.4 Hardness in different refrigerated jujube treatment groups

由图4可知,在贮藏期间,冷藏枣的硬度呈下降趋势,不同处理对冷藏枣硬度影响较大。贮藏50d后,经不同处理后冷藏枣硬度与对照相比存在极显著差异($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与1-MCP均能

极显著抑制冷藏枣的硬度下降($p<0.01$)。无硫复合护色剂与1-MCP的联合处理产生叠加的效果,对冷藏枣硬度的维持尤其显著($p<0.01$),

2.5 不同处理对冷藏枣 SOD、CAT 活力的影响

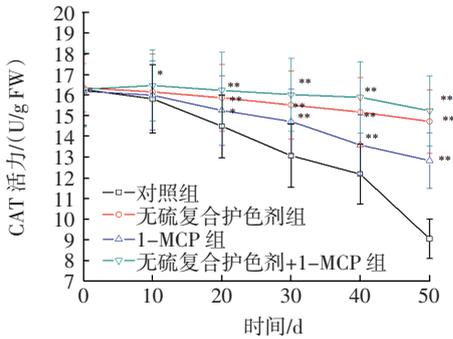
不同处理对冷藏枣 SOD、CAT 活力的影响见图 5~图 6。



* 表示差异显著, $p<0.05$; ** 表示差异极显著, $p<0.01$ 。

图 5 不同处理组冷藏枣的 SOD 活力

Fig.5 SOD activity in different refrigerated jujube treatment groups



* 表示差异显著, $p<0.05$; ** 表示差异极显著, $p<0.01$ 。

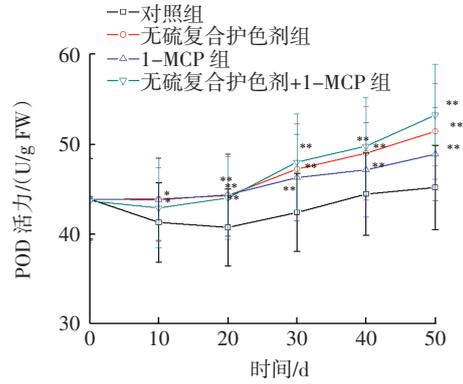
图 6 不同处理组冷藏枣的 CAT 活力

Fig.6 CAT activity in different refrigerated jujube treatment groups

由图 5~图 6 可知,在贮藏期间,冷藏枣的 SOD、CAT 活力呈下降趋势,不同处理对冷藏枣 SOD、CAT 活力影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣 SOD、CAT 活力与对照相比存在极显著差异 ($p<0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能极显著抑制冷藏枣的 SOD、CAT 活力下降 ($p<0.01$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理产生叠加的效果,对冷藏枣 SOD、CAT 活力的维持尤其显著 ($p<0.01$)。高 SOD、CAT 活力对鲜枣过氧化物酶代谢过程中产生的 H_2O_2 清除作用增强,延缓 H_2O_2 自由基对细胞的氧化破坏作用。从而促进了保护酶清除自由基活性氧的过程,减缓了果实组织的过氧化进程,消除或减弱了活性氧对生物膜的伤害^[10]。

2.6 不同处理对冷藏枣 POD 活力的影响

不同处理对冷藏枣 POD 活力的影响见图 7。



* 表示差异显著, $p<0.05$; ** 表示差异极显著, $p<0.01$ 。

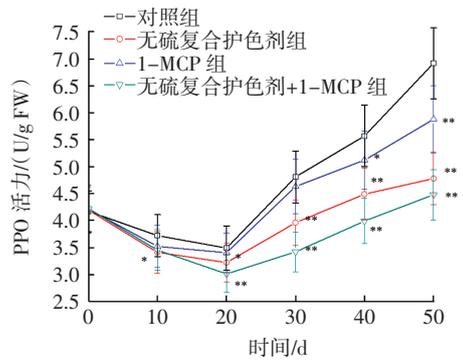
图 7 不同处理组冷藏枣的 POD 活力

Fig.7 POD activity in different refrigerated jujube treatment groups

由图 7 可知,在贮藏期间,冷藏枣的 POD 活力先呈轻微的下趋势,接着略有上升,不同处理对枣果 POD 活力影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣 POD 活力与对照相比存在极显著差异 ($p<0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能极显著增加冷藏枣的 POD 活力 ($p<0.01$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理产生叠加的效果,对枣果 POD 活力的增加尤其显著 ($p<0.01$)。

2.7 不同处理对冷藏枣 PPO 活力的影响

不同处理对冷藏枣 PPO 活力的影响见图 8。



* 表示差异显著, $p<0.05$; ** 表示差异极显著, $p<0.01$ 。

图 8 不同处理组冷藏枣 PPO 活力

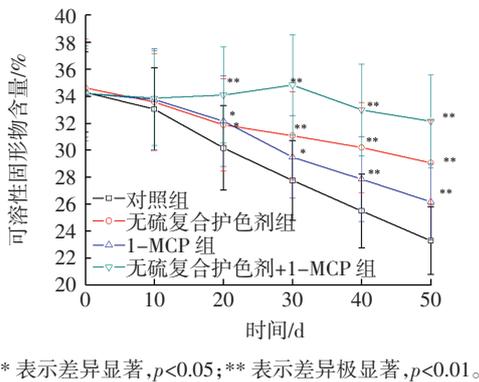
Fig.8 PPO activity in different refrigerated jujube treatment groups

由图 8 可知,在贮藏期间,冷藏枣的 PPO 活力先下降后上升趋势,不同处理对冷藏枣 PPO 活力影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣 PPO 活力与对照相比存在极显著差异 ($p<0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能极显著抑制冷藏枣 PPO 活力增加 ($p<0.05$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理

产生叠加的效果,对冷藏枣 PPO 活力的抑制尤其显著 ($p < 0.01$)。随着贮藏时间的延长,细胞膜透性增大,使得细胞区域化结构被破坏,引起酚类物质(如花青素、类黄酮等)渗漏,同时 PPO 活力上升,加速催化酚氧化成醌,而醌通过自身聚合或与其它 $-NH_2$ 、 $-SH$ 的化合物聚合形成褐色物质,最终导致褐变的发生^[11]。无硫复合护色剂与 1-MCP 能通过维护冷藏枣细胞膜的完整性来抑制 PPO 活力的增加。

2.8 不同处理对冷藏枣可溶性固形物含量的影响

不同处理对冷藏枣可溶性固形物含量的影响见图 9。



* 表示差异显著, $p < 0.05$; ** 表示差异极显著, $p < 0.01$ 。

图 9 不同处理组冷藏枣的可溶性固形物含量

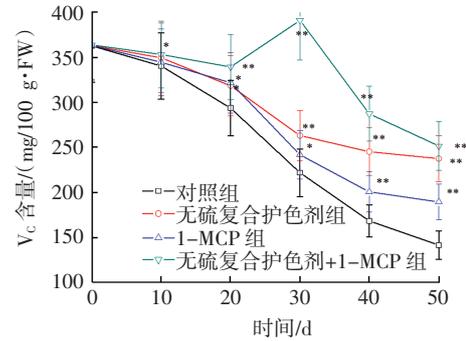
Fig.9 Soluble solid content in different refrigerated jujube treatment groups

由图 9 可知,在贮藏期间,冷藏枣的可溶性固形物含量呈下降趋势,不同处理对冷藏枣可溶性固形物含量影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣可溶性固形物含量与对照相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能极显著抑制冷藏枣可溶性固形物含量的下降 ($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理产生叠加的效果,对冷藏枣可溶性固形物含量的维持尤其显著 ($p < 0.01$)。这可能是由于无硫复合护色剂与 1-MCP 处理能降低大分子物质降解和呼吸消耗综合作用的结果。

2.9 不同处理对冷藏枣 V_c 含量的影响

不同处理对冷藏枣 V_c 含量的影响见图 10。

由图 10 可知,在贮藏期间,冷藏枣中的 V_c 含量基本呈下降趋势,不同处理对冷藏枣 V_c 含量影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣 V_c 含量与对照相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能极显著抑止冷藏枣 V_c 的含量降低,有效维持 V_c 含量 ($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理产生叠加的效果,对冷藏枣 V_c 含量的维持尤其显著 ($p < 0.01$)。果实腐败时,果肉中的自由基水平通常都会增加^[12]。维生素 C 是一种存在于果实组织中



* 表示差异显著, $p < 0.05$; ** 表示差异极显著, $p < 0.01$ 。

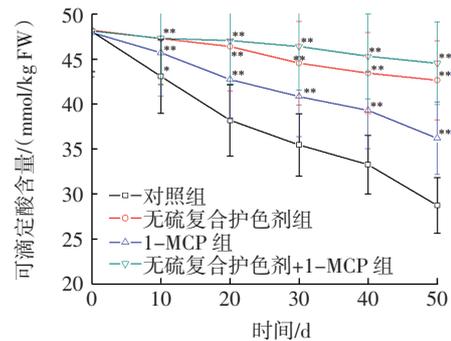
图 10 不同处理组冷藏枣的 V_c 含量

Fig.10 V_c content in different refrigerated jujube treatment groups

的氧化还原化合物,既是重要的膜脂保护物质,也是自由基清除剂,因此无硫复合护色剂与 1-MCP 处理能抑制冷藏枣维生素 C 水平的下降,对枣品质的下降和内在腐败的抑止有重要价值。

2.10 不同处理对冷藏枣可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量与果实的口感密切相关。TA 作为影响枣贮藏保鲜品质的关键因素之一,影响着果实的风味,其含量的下降与果实糖分的降解、枣果实的自身呼吸代谢是一致的^[13]。不同处理对冷藏枣可滴定酸含量的影响见图 11。



* 表示差异显著, $p < 0.05$; ** 表示差异极显著, $p < 0.01$ 。

图 11 不同处理组冷藏枣的可滴定酸含量

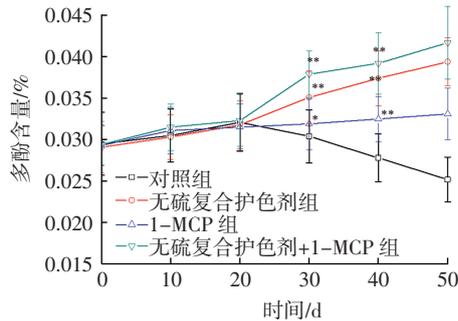
Fig.11 Titratable acid content in different refrigerated jujube treatment groups

由图 11 可知,在贮藏期间,冷藏枣中的可滴定酸含量呈下降趋势,不同处理对冷藏枣可滴定酸含量影响较大。贮藏 50 d 后,经不同处理后冷藏枣可滴定酸含量与对照相比存在极显著差异 ($p < 0.01$)。结果表明,无硫复合护色剂与 1-MCP 均能显著抑制冷藏枣可滴定酸的含量,延缓可滴定酸的降解,有效维持冷藏枣中可滴定酸含量 ($p < 0.01$)。无硫复合护色剂与 1-MCP 的联合处理产生叠加的效果,对枣肉可滴定酸含量的维持尤其显著 ($p < 0.01$)。这可能由于无硫复合护色剂与 1-MCP 处理抑制果实呼吸强度的同时,还能减少贮

藏期间可滴定酸作为呼吸底物和许多生化过程所需代谢物前体物质的消耗有关。

2.11 不同处理对冷藏枣多酚含量的影响

果实中抗氧化物质的含量是评价果实采后贮藏品质的重要指标^[4],酚类物质是植物体内分布最为广泛的次生代谢物质,不仅是参与酶促褐变反应的必要底物,而且还是植物防御体系的重要部分。不同处理对冷藏枣多酚含量的影响见图12。



*表示差异显著, $p < 0.05$; **表示差异极显著, $p < 0.01$ 。

图12 不同处理组冷藏枣的多酚含量

Fig.12 Polyphenol content of different refrigerated jujube treatment groups

由图12可知,在贮藏期间,对照组中的多酚含量呈先小幅上升后下降趋势,其它组均呈持续上升趋势。结果表明无硫复合护色剂与1-MCP均能极显著促进多酚含量的增加($p < 0.01$),有效维持冷藏枣较高的多酚水平。无硫复合护色剂与1-MCP的联合处理产生叠加的效果,对枣肉多酚含量的维持尤其显著($p < 0.01$)。

3 结论

研究表明,用无硫复合护色剂与1-MCP处理冷藏枣,均可保持贮藏期间的品质。其中以无硫复合护色剂与1-MCP处理联合处理效果最好,降低了果实的腐烂率,减缓果实的软化速率,保持果实较高的硬度,延缓果实TSS、TA的降解速率,有效抑制了采后枣的呼吸强度和乙烯释放量,延缓其成熟衰老进程,从而保持果实采后品质,延长了果实保质期。

参考文献:

[1] YANG L, LIU J, WANG X, et al. Characterization of volatile component changes in jujube fruits during cold storage by using headspace-gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. *Molecules*, 2019, 24(21):3904.

[2] SHAMS NAJAFABADI N, SAHARI M A, BARZEGAR M, et al. Effects of concentration method and storage time on some bioactive compounds and color of jujube (*Ziziphus jujuba* var *vulgaris*) concentrate[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, 54(9):

2947-2955.

[3] ZHANG J H, LI C Y, WEI M L, et al. Effects of trisodium phosphate treatment after harvest on storage quality and sucrose metabolism in jujube fruit[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(12): 5526-5532.

[4] KOU X H, HE Y L, LI Y F, et al. Effect of abscisic acid (ABA) and chitosan/nano-silica/sodium alginate composite film on the color development and quality of postharvest Chinese winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao)[J]. *Food Chemistry*, 2019, 270: 385-394.

[5] KUMAR S, YADAV P, JAIN V, et al. Isozymes of antioxidative enzymes during ripening and storage of ber (*Ziziphus mauritiana* Lam.) [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(2): 329-334.

[6] ZHANG S, LI N. Effects of carbon monoxide on quality, nutrients and antioxidant activity of post-harvest jujube[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, 94(5): 1013-1019.

[7] JAT L, PAREEK S, SHUKLA K B. Physiological responses of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) fruit to storage temperature under modified atmosphere packaging[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, 93(8): 1940-1944.

[8] 王洪琳, 王瑞, 苏伟. 不同厚度保鲜膜处理对蓝莓鲜果采后贮藏品质的影响研究[J]. *山地农业生物学报*, 2019, 38(4): 70-75. WANG Honglin, WANG Rui, SU Wei. Effects of different plastic wrap treatments on the quality of postharvest storage of blueberry fruits[J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2019, 38(4): 70-75.

[9] ZHANG Z, HUANG J, LI X. Transcript analyses of ethylene pathway genes during ripening of Chinese jujube fruit[J]. *Journal of Plant Physiology* 2018, 224-225:1-10.

[10] GE Y H, TANG Q, LI C Y, et al. Acibenzolar-S-methyl treatment enhances antioxidant ability and phenylpropanoid pathway of blueberries during low temperature storage[J]. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, 2019, 110: 48-53.

[11] SHEN J, GOU Q, ZHANG Z, et al. Effects of high hydrostatic pressure on the quality and shelf-life of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) pulp[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2016, 36: 166-172.

[12] ZHANG Z Q, TIAN S P, ZHU Z, et al. Effects of 1-methylcyclopropene(1-MCP) on ripening and resistance of jujube (*Zizyphus jujuba* cv. Huping) fruit against postharvest disease[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 45(1): 13-19.

[13] BURHAN O, ERDINC B, ERDAL A, et al. Cracking and quality attributes of jujube fruits as affected by covering and pre-harvest Parka and GA3 treatments[J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 240: 65-71.

[14] AYALA-ZAVALA J F, WANG S Y, WANG C Y, et al. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit[J]. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 2004, 37 (7):687-695.