

冯梅, 王华强, 陈存坤, 等. 冬枣低温贮藏中保鲜处理对果实生理生化指标的影响[J]. 山西农业科学, 2025, 53(5): 151-165.

FENG M, WANG H Q, CHEN C K, et al. Effects of preservation treatment on physiological and biochemical indicators of *Ziziphus jujuba* Mill. during low-temperature storage[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(5): 151-165.

doi:10.26942/j.cnki.issn.1002-2481.2025.05.17

冬枣低温贮藏中保鲜处理对果实生理生化指标的影响

冯 梅¹, 王华强¹, 陈存坤², 肖莉娟¹, 曹亚军¹, 陈 刚¹, 黄 鹏¹

(1. 新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 天津市农业科学院 农产品保鲜与加工技术研究所

(国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)) 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室/

天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘 要: 为探究多种保鲜处理对冬枣在低温贮藏期间生理和生化特性的影响, 以冬枣初红果、半红果和全红果为试验材料, 分别进行卵磷脂、糯米油、卵磷脂+糯米油(卵+糯)、1-MCP(1-甲基环丙烯)处理, 于-2~-1℃和-3~-2℃低温贮藏, 测定冬枣的硬度、可溶性固形物、呼吸强度等生理生化指标及其相关性。结果表明, 在-2~-1℃和-3~-2℃贮藏条件下, 卵磷脂和1-MCP处理均能显著抑制初红果和半红果的呼吸强度, 而全红果(除糯米油处理外)的呼吸强度下降较慢, 卵磷脂处理在0、20、65、75 d效果尤为显著, 优于对照组。在硬度保持方面, 1-MCP和卵+糯处理显著延缓了冬枣的软化, 全红果在65 d(1-MCP处理)和75 d(卵+糯处理)时的硬度显著高于对照, 而半红果在75 d(1-MCP处理)时的硬度最高。此外, 卵磷脂和1-MCP处理有效减缓了初红果和半红果可溶性固形物的下降, 而全红果的可溶性固形物下降速度普遍较快。在好果率方面, 卵磷脂和1-MCP处理显著延缓了初红果和半红果的劣变, 但全红果在1-MCP处理下好果率下降较快, 至75 d时所有处理的好果率均降至0。相关性分析结果表明, 冬枣果实可溶性固形物与呼吸强度、硬度、好果率均呈极显著负相关, 呼吸强度与硬度、好果率呈极显著正相关, 硬度与好果率呈极显著正相关。综合评估结果表明, 半红果的贮藏效果最佳, 其次是初红果, 全红果最差; 初红果和半红果在-3~-2℃下贮藏效果最优, 卵+糯处理对初红果的保鲜效果最佳, 而糯米油处理则更适合全红果的保鲜。

关键词: 冬枣; 低温贮藏; 保鲜处理; 硬度; 可溶性固形物; 呼吸强度

中图分类号: S665.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2025)05-0151-15

Effects of Preservation Treatment on Physiological and Biochemical Indicators of *Ziziphus jujuba* Mill. during Low-Temperature Storage

FENG Mei¹, WANG Huaqiang¹, CHEN Cunkun², XIAO Lijuan¹,

CAO Yajun¹, CHEN Gang¹, HUANG Peng¹

(1. Xinjiang Production and Construction Corps First Division Agricultural Science Institute, Aral 843300, China;

2. Institute of Preservation and Processing Technology for Agricultural Products(National Engineering Technology Research Center for Agricultural Products Preservation(Tianjin)), Key Laboratory of Agricultural Products Storage and Preservation of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Post-Harvest Physiology and Storage Preservation of Agricultural Products in Tianjin, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China)

Abstract: In order to investigate the effects of various preservation techniques on the physiological and biochemical characteristics of *Ziziphus jujuba* Mill. during low-temperature storage, in this study, using early-red, half-red, and full-red fruits as the test materials, treatments including lecithin, glutinous rice oil, lecithin + glutinous rice oil(Lec+Glu), and 1-MCP were applied under storage temperatures of -2℃ to -1℃ and -3℃ to -2℃. Physiological and biochemical indices such as firmness, soluble solids content(SSC), and respiratory intensity were measured, along with their correlations. The results showed that both lecithin and 1-MCP treatments significantly inhibited respiratory intensity in early-red and half-red fruits under the tested storage conditions, while full-red fruits(except for glutinous rice oil treatment) exhibited slower respiratory

收稿日期: 2025-01-07

作者简介: 冯 梅, 助理研究员, 硕士, 主要从事果树育种及栽培技术研究, E-mail: 528186822@qq.com

通信作者: 曹亚军, 副研究员, 主要从事果树栽培生理研究, E-mail: 119322322@qq.com

intensity decline, with lecithin showing particularly significant effects at 0, 20, 65, and 75 days, outperforming the control (CK). In terms of firmness retention, the 1-MCP and Lec+Glu treatments significantly delayed softening, with full-red fruits demonstrating higher firmness than CK at 65 days(1-MCP) and 75 days(Lec+Glu), while half-red fruits achieved maximum firmness at 75 days(1-MCP). Additionally, the lecithin and 1-MCP treatments effectively slowed SSC reduction in early-red and half-red fruits, whereas full-red fruits showed faster SSC decline. The good fruit rate was significantly preserved by the lecithin and 1-MCP treatments in early-red and half-red fruits, but full-red fruits under the 1-MCP treatment experienced rapid good fruit rate decline, reaching 0% of good fruit rate by 75 days. Correlation analysis revealed that SSC in the fruits of *Ziziphus jujuba* Mill. was extremely significantly negatively correlated with respiratory intensity, firmness, and good fruit rate, respiratory intensity was extremely significantly positively correlated with firmness and good fruit rate, firmness was extremely significantly positively correlated with good fruit rate. Comprehensive evaluation indicated that half-red fruits had the best storage performance, followed by early-red fruits, with full-red fruits being the least suitable. Optimal storage conditions were -3°C to -2°C for early-red and half-red fruits. Among the treatments, the Lec+Glu treatment was the most effective on early-red fruits, whereas the glutinous rice oil treatment performed best for full-red fruits.

Keywords: *Ziziphus jujuba* Mill.; low temperature storage; preservation treatment; firmness; soluble solids; respiratory intensity

冬枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)属鼠李科枣属,原产于我国,是一种优质的新鲜食用枣品种^[1]。该品种以薄皮、脆甜多汁以及富含氨基酸、微量元素、维生素等营养成分而闻名,具有较高的营养、商业价值^[2]。目前,陕西、河北、山东等省份以及维吾尔自治区新疆积极推广冬枣种植,特别是新疆所产的冬枣,以其较大的果实尺寸、薄皮、脆肉和甜美口感在市场上展现出重要潜力^[3]。然而,冬枣在采后易于脱水和软化,且常温下保质期仅为 2~5 d,这一问题严重制约了其产业发展^[4-6]。

针对冬枣的保鲜问题,目前的研究主要集中于物理、化学、生物保鲜方法及其复合应用等方面^[7]。其中,低温贮藏能够减缓果实的呼吸代谢,延缓维生素 C 的降解,但其技术要求高,且可能导致冷害,影响果实品质^[8]。化学保鲜剂在抑制微生物生长方面效果显著,但传统化学保鲜剂的残留问题对食品安全构成潜在威胁。生物保鲜方法^[9],如应用拮抗菌发酵液,能够有效抑制冬枣的黑斑病,并在贮藏过程中保持果实的新鲜度^[10-12]。这种方法虽然安全环保,但其效果受微生物种类和处理条件的影响,仍需进一步系统研究。物理、化学、生物保鲜技术的复合应用,有望为冬枣的保鲜提供更加全面的解决方案。目前,行业正朝着综合技术方向转变,寻求低成本、高效益、节能且环保的保鲜方案,对食品保鲜领域具有重要意义。

糯米油是一种天然植物油,具有良好的保鲜效果,其主要成分能够形成一层膜,降低水分的蒸发速率,从而延缓果蔬的失水和腐烂。此外,糯米油中的天然成分还具有一定的抗氧化作用,能够

延长食品的保质期。卵磷脂是一种天然的乳化剂,广泛应用于食品保鲜。它能有效维持食品的质地,增强保鲜膜的稳定性。卵磷脂通过形成保护膜,减少氧气和水分的渗透,进而减少氧化和抑制微生物的生长,有助于延长水果和蔬菜的货架期^[13]。1-MCP(1-甲基环丙烯)是一种新型的植物生长调节剂,主要用于抑制果蔬的乙烯作用。乙烯是一种促进成熟和衰老的植物激素,而 1-MCP 能够有效地结合乙烯受体,从而延缓果蔬的成熟和衰老过程,延长货架期^[14]。

本研究选取不同成熟度的冬枣为试验对象,在低温条件下贮藏,并结合喷施糯米油、卵磷脂及化学保鲜剂 1-MCP,探讨多种保鲜组合对冬枣贮藏期及果实品质的影响,旨在筛选出最适宜的冬枣成熟度和最有效的保鲜策略,以延长贮藏期限,减缓品质退化,并为冬枣的长期保存提供理论支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料

选取阿拉尔市第一师农业科学研究所试验田的冬枣,树龄为 6~7 a,树势中庸,树体健康,产量适中,病虫害较少,土壤管理较好。采用手工精细采摘,选取大小匀称、色泽一致、无病虫害和物理损伤的初红果(色泽覆盖率不超过 25%)、半红果(色泽覆盖率约为 50%)以及全红果(色泽覆盖率 90% 及以上)的果实,当日采收的枣果迅速转运至冷库在 5°C 下预冷 4 h。

聚乙烯保鲜袋,厚度为 0.03 mm,规格 90 cm×70 cm,由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天

津)研制。保鲜剂有卵磷脂;糯米油(取2 500 mL蒸馏水加热至沸腾,倒入清洗后的新鲜糯米100 g煮沸后保持3~5 min,小火继续煮20~30 min,过滤残渣后制成糯米油原液,冷却至室温,加入蒸馏水稀释至10倍液备用);1-MCP(由Dow Chemical公司提供,微胶囊制剂和有效含量为0.014%)。

1.2 试验设计

卵磷脂处理需在冬枣收获前2 d进行田间果

实喷洒;卵磷脂+糯米油处理在喷洒过卵磷脂的冬枣收获当日预冷后浸泡10 s后晾干;糯米油在收获当日预冷后浸泡10 s后晾干。每种处理设3次重复,每组取冬枣5 kg,装入聚乙烯保鲜袋,运至冷库,预冷处理后,将样品分别放置于各自的冷藏单元中密封以进行贮藏。于0、10、20、50、65、75 d取样,测定果实的呼吸率及品质变化。试验设计见表1。

表1 冬枣的保鲜处理参数

Tab.1 Preservation treatment parameters of *Ziziphus jujuba* Mill.

贮藏温度/℃ Storage temperature	处理 Treatment	参数 Parameter	贮藏温度/℃ Storage temperature	处理 Treatment	参数 Parameter
-2~-1	CK		-3~-2	CK	
	卵磷脂	1 000倍液		卵磷脂	1 000倍液
	糯米油	10倍液		糯米油	10倍液
	卵+糯	卵磷脂(1 000倍液)+糯米油(10倍液)		卵+糯	卵磷脂(1 000倍液)+糯米油(10倍液)
	1-MCP	0.5 g/5 kg		1-MCP	0.5 g/5 kg

1.3 测定指标及方法

1.3.1 硬度 采用GY-4型果实硬度计测定硬度,每个处理选取10个果,对果实的果肩、果中和果顶进行测定,结果取平均值。

1.3.2 可溶性固形物(TSS) 其采用PAL-1手持数显计测定,每个处理选取10个果,用榨汁机榨汁,重复测定3次,结果取平均值。

1.3.3 呼吸强度 其采用JFQ-3150H果蔬呼吸测定仪测定,每个处理重复3次,每次选取10个果,结果取平均值。

好果率=好果数/统计总果数×100% (1)

当指标性状呈正相关时,隶属函数值 $\mu(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$;当指标性状呈负相关时,

隶属函数值 $\mu(X_j) = 1 - (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。

其中, X_j 表示第j个指标测定值, $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 表示第j个指标的最大值和最小值。

1.4 数据分析

采用Excel 2007软件对冬枣果实呼吸强度和品质指标数据进行初步计算,用DPS 7.55软件进行相关性分析、隶属函数分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对冬枣果实呼吸强度的影响

呼吸作用是果蔬采后最重要的代谢活动,也是影响果蔬贮藏品质的重要因素(图1)。

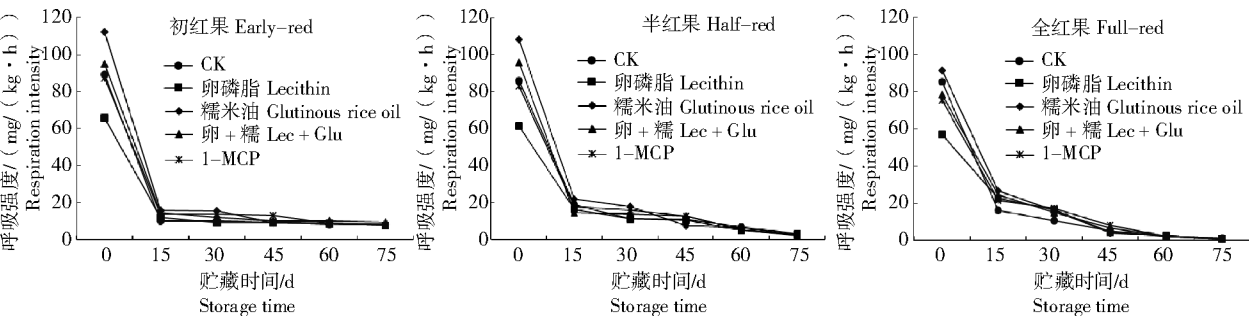


图1 -2~-1℃下不同采后处理对果实贮藏期间呼吸强度动态变化的影响

Fig.1 Effects of different postharvest treatments on dynamic change of respiration intensity of fruits under storage at -2℃ to -1℃

由图1可知,不同处理在初始阶段均可降低冬枣的呼吸强度,随着贮藏时间延长,呼吸强度逐渐

下降并趋于稳定。在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,初红果和半红果在卵磷脂、1-MCP处理下的呼吸强度下降速度明显快于CK,而全红果在除糯米油处理外的其他处理下,呼吸强度下降速度均慢于CK。

由图2可知,在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,初红果和半红果经卵磷脂和1-MCP处理后,呼吸强度下降速度仍快于CK,而全红果(除糯米油处理外)在其他处理下的呼吸强度下降速度均慢于CK。

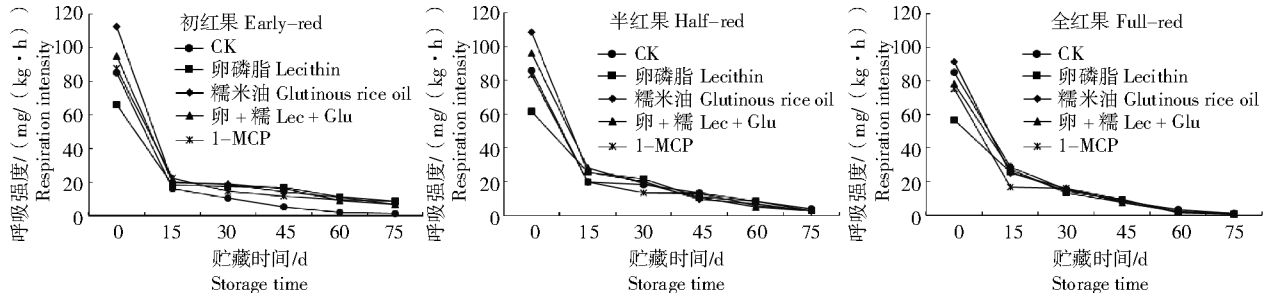


图2 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间呼吸强度动态变化的影响

Fig.2 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of respiration intensity under fruit storage at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$

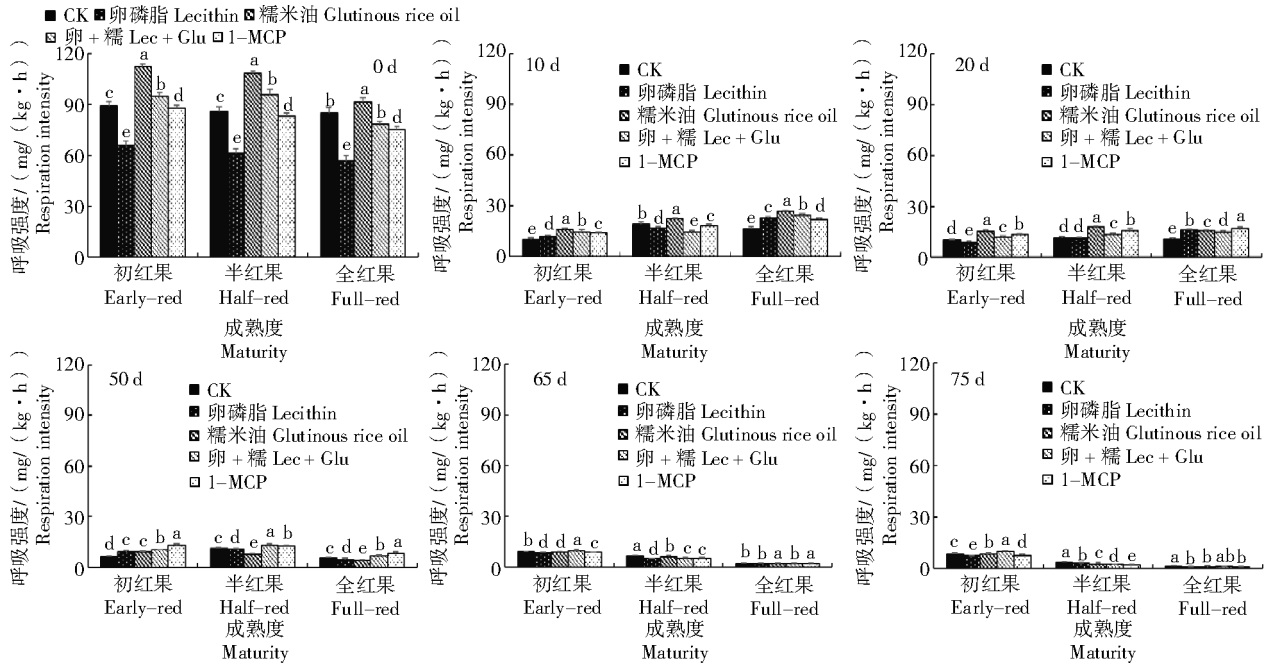
由图3可知,在低温 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d时,初红果、半红果和全红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,其中,初红果和半红果的各处理与CK及各处理间均存在显著差异($P<0.05$),而全红果除卵+糯处理外,其余处理与CK及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。10 d时,初红果和全红果在CK下呼吸强度最低,半红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,且各处理与CK及各处理间均存在显著差异($P<0.05$)。20 d时,初红果、半红果和全红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,其中,初红果和全红果的各处理与CK及各处理间均存在显著差异($P<0.05$),而半红果除卵磷脂外,其余处理与CK及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。50 d时,半红果和全红果在糯米油处理下呼吸强度最低,初红果在CK下呼吸强度最低,其中,半红果和全红果的各处理与CK及各处理间均存在显著差异($P<0.05$),而初红果除卵磷脂和糯米油外,其余处理与CK及部分处理间也存在显著差异($P<0.05$)。65 d时,初红果、半红果和全红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,其中,初红果除卵磷脂和糯米油外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果除卵+糯和1-MCP外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果除卵磷脂和卵+糯外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异。75 d时,初红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,半红果和全红果在1-MCP处理下呼吸强度最低,其中,初红果和半红果的各处理与CK及各处理间均存在显著差异,而全红果除卵+

糯外,其余处理与CK也存在显著差异($P<0.05$)。

如图4所示,在低温 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d时,初红果、半红果和全红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,其中,初红果和半红果的各处理与CK及各处理均存在显著差异,而全红果除卵+糯处理外,其余处理与CK及各处理也存在显著差异($P<0.05$)。10 d时,初红果在卵磷脂处理下呼吸强度最低,各处理与CK及各处理存在显著差异($P<0.05$);半红果在CK和1-MCP处理下呼吸强度最低,除1-MCP外,其余处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$);全红果在1-MCP处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$)。20 d时,初红果和半红果在1-MCP处理下呼吸强度最低,各处理与CK及各处理均存在显著差异($P<0.05$);全红果在卵+糯处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$)。50 d时,初红果在1-MCP处理下呼吸强度最低,各处理与CK及各处理均存在显著差异;半红果在糯米油处理下呼吸强度最低,除1-MCP外,其余处理与CK及各处理均存在显著差异;全红果在糯米油和卵+糯处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$)。65 d时,初红果在卵+糯处理下呼吸强度最低,各处理与CK及各处理均存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵+糯处理下呼吸强度最低,除卵磷脂外,其余处理与CK及各处理均存在显著差异($P<0.05$);全红果在1-MCP处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异($P<$

0.05)。75 d时,初红果在卵磷脂和糯米油处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$);半红果在糯米油处理下呼吸强度最低,各处理与CK及部分处理存在显著差异

($P<0.05$);全红果在卵磷脂和1-MCP处理下呼吸强度最低,除糯米油外,其余处理与CK及部分处理存在显著差异($P<0.05$)。



不同小写字母表示各处理在0.05水平差异显著($P<0.05$)。下同

Different lowercase letters indicated significant differences among treatments at the 0.05 level($P<0.05$). The same as below

图3 -2 ~ -1 °C低温贮藏期间果实呼吸强度在不同处理及成熟度下的变化

Fig.3 Changes in respiratory intensity of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -2 °C to -1 °C

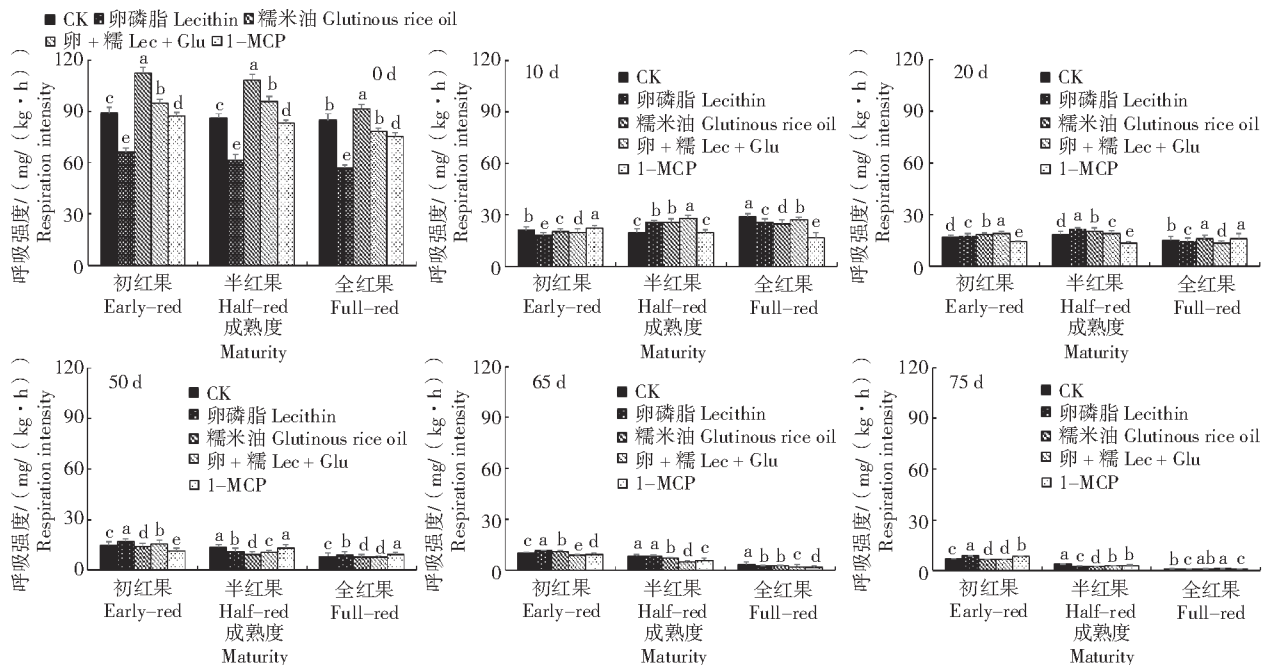


图4 -3 ~ -2 °C低温贮藏期间果实呼吸强度在不同处理及成熟度下的变化

Fig.4 Changes in respiratory intensity of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -3 °C to -2 °C

2.2 不同处理对冬枣果实硬度的影响

果实硬度可以反映果实的成熟度及衰老程度,是评价果实贮藏品质的重要依据。如图 5、6 所示,不同成熟度(初红、半红、全红)的冬枣在 2 个不同的温度范围($-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$)下,果实硬度随着贮藏时间延长逐渐下降,由 8.65 N 降至

4.52 N。

在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下,初红果除卵磷脂外,其他处理果实硬度下降速度均小于 CK,半红果除糯米油外,其他处理下果实硬度下降速度均小于 CK,全红果各处理的果实硬度下降速度均小于 CK(图 5)。

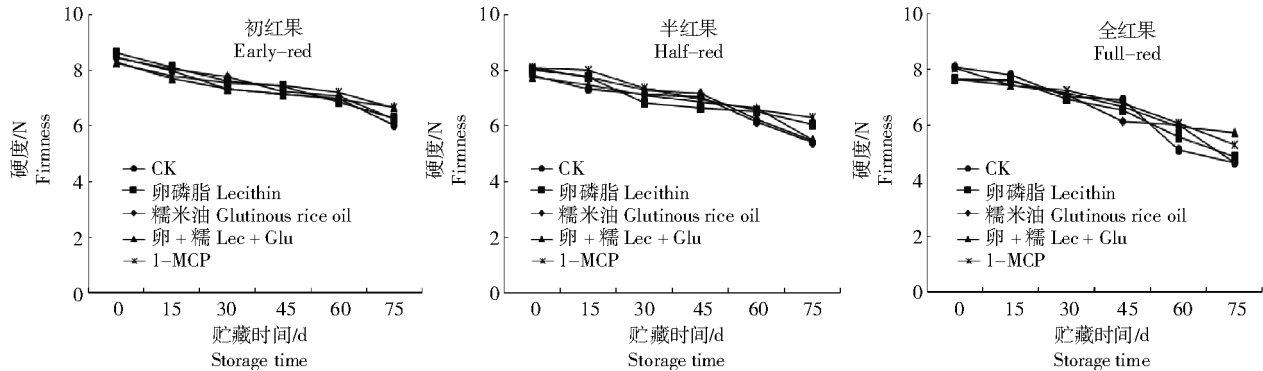


图 5 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间硬度动态变化的影响

Fig.5 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of firmness under fruit storage at $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$

在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下,初红果除卵磷脂和糯米油外,其他处理下果实硬度下降速度均小于 CK,半红果除 1-MCP 外其他处理下果实硬度下降速

度均大于 CK,全红果除 1-MCP 外其他处理下果实硬度下降速度均小于 CK(图 6)。

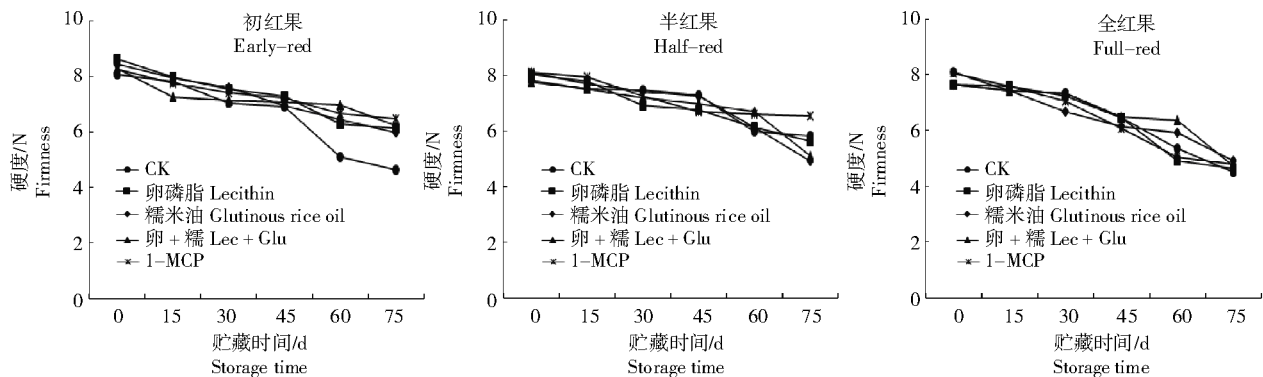


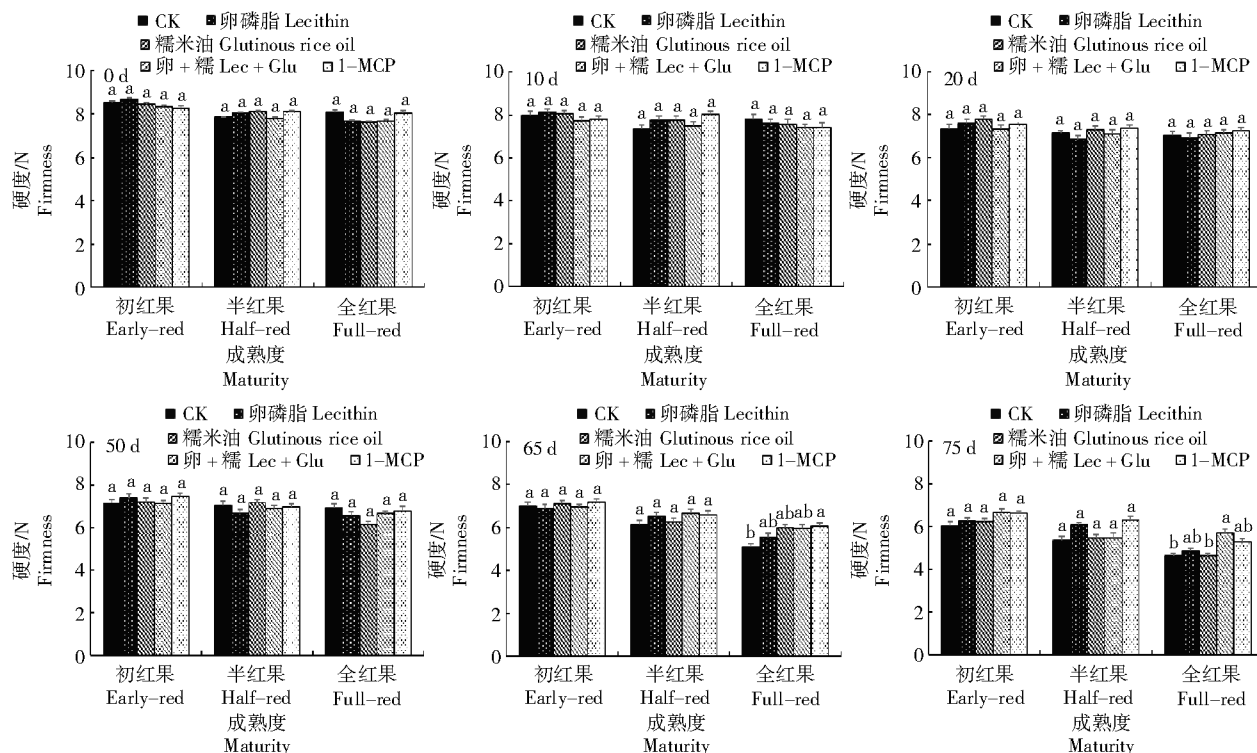
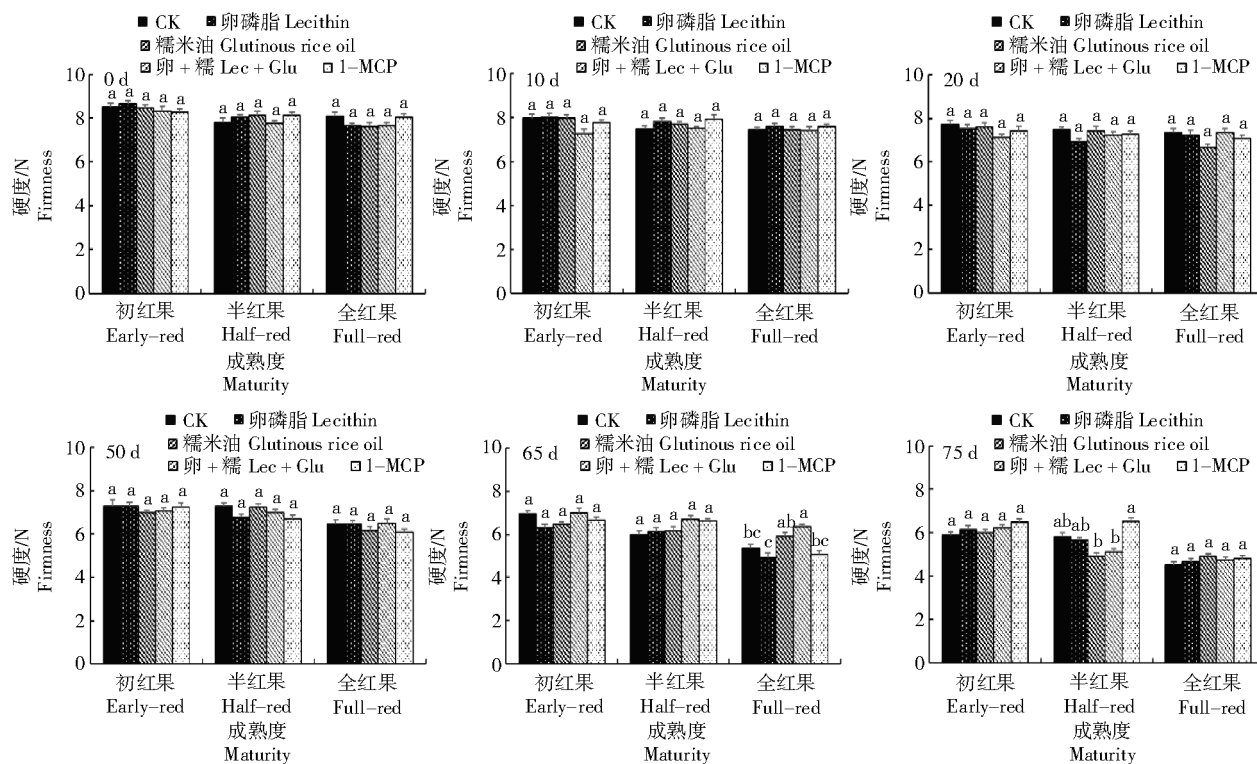
图 6 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间硬度动态变化的影响

Fig.6 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of firmness under fruit storage at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$

如图 7、8 所示,在低温贮藏条件下,不同成熟度果实的硬度变化在不同贮藏期表现出一定的规律性。在低温 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0、10、20、50 d 时,初红果、半红果和全红果各处理与 CK 及各处理间的硬度均无显著差异;65 d 时,初红果和半红果在各处理与 CK 及各处理间硬度无显著差异,但全红果在 1-MCP 处理下硬度显著高于 CK($P<0.05$);75 d 时,初红果和半红果在各处理与 CK 及各处理间硬度无显著差异,而全红果在卵+糯处

理下硬度显著高于 CK($P<0.05$)(图 7)。

在低温 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0、10、20、50 d 时,初红果、半红果和全红果在各处理与 CK 及各处理间硬度无显著差异;65 d 时,初红果和半红果在各处理与 CK 及各处理间硬度无显著差异,但全红果在卵+糯处理下硬度显著高于 CK($P<0.05$);75 d 时,初红果和全红果在各处理与 CK 及各处理间硬度无显著差异,而半红果在 1-MCP 处理下硬度显著高于其他处理($P<0.05$)(图 8)。

图7 $-2 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏期间果实硬度在不同处理及成熟度下的变化Fig.7 Changes in firmness of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -2°C to -1°C 图8 $-3 \sim -2^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏期间果实硬度在不同处理及成熟度下的变化Fig.8 Changes in firmness of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -3°C to -2°C

2.3 不同处理对冬枣果实可溶性固形物的影响

可溶性固形物含量是衡量冬枣中溶解性糖份量的指标,它不仅能评估果品的成熟度与新鲜程度,也是评价其食用质量的关键参数之一。

从图 9、10 可以看出,不同成熟度(初红、半红、全红)的冬枣在 2 个不同的温度范围($-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$)下,随着贮藏时间延长,冬枣果实的

可溶性固形物含量逐渐降低,由 35.70% 降至 24.44%。

由图 9 可知,在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下,初红果在卵磷脂处理下果实可溶性固形物含量下降速度小于 CK,半红果在除 1-MCP 外其他处理果实可溶性固形物含量下降速度均小于 CK,全红果各处理果实可溶性固形物含量下降速度均大于 CK。

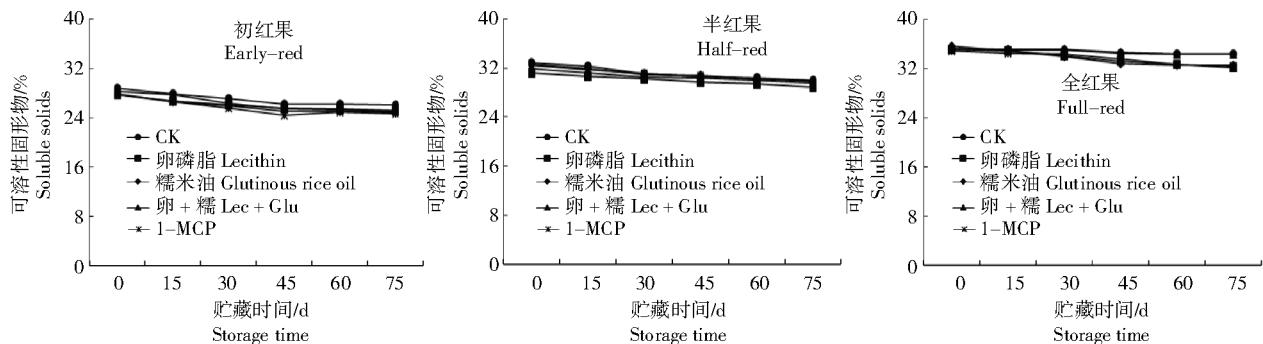


图 9 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间可溶性固形物动态变化的影响

Fig.9 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of SSC under fruit storage at $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$

由图 10 可知,在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下,初红果在卵磷脂和糯米油处理下果实可溶性固形物含量下降速度小于 CK,半红果在卵磷脂和卵+糯处理

下果实可溶性固形物含量下降速度小于 CK,全红果各处理果实可溶性固形物含量下降速度均大于 CK。

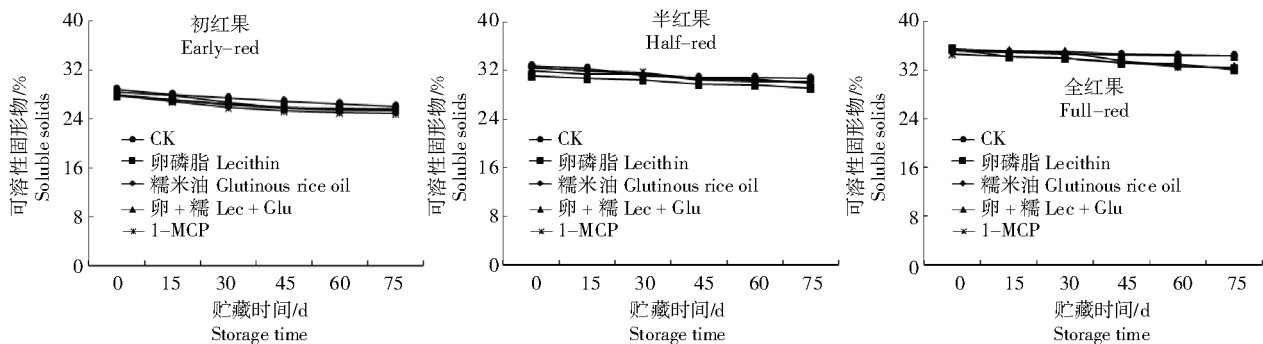


图 10 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间可溶性固形物动态变化的影响

Fig.10 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of SSC under fruit storage at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$

如图 11、12 所示,在低温贮藏条件下,不同成熟度果实的可溶性固形物含量变化显著,且受处理方式的影响明显。

由图 11 可知,在低温 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d 时,初红果、半红果和全红果在 CK 下可溶性固形物含量最高,其中,初红果除 1-MCP 外,其余处理与 CK 存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下与 CK 存在显著差异($P<0.05$);全红果在各处理与 CK 及各处理间差异不显著。10 d 时,初红果、半红果和全红果在 CK 下可溶性固形物含

量最高,其中,初红果除卵+糯外,其余处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂和卵+糯处理下与 CK 存在显著差异($P<0.05$);全红果在各处理与 CK 及各处理间差异不显著。20 d 时,初红果、半红果和全红果在 CK 下可溶性固形物含量最高,其中,初红果除卵+糯外,其余处理与 CK 及处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在各处理与 CK 及各处理间差异不显著;全红果在卵磷脂和糯米油处理下与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。50 d 时,初红

果在CK下可溶性固形物含量最高,且在糯米油和1-MCP处理下与CK间存在显著差异($P<0.05$);半红果在糯米油和1-MCP处理下可溶性固形物含量较高,但各处理与CK及各处理间差异不显著;全红果在CK下可溶性固形物含量最高,且除卵磷脂外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。65 d时,初红果、半红果和全红果在CK下可溶性固形物含量最高,其中,初红果在糯米油和1-MCP处理下与CK间存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下与CK存在显

著差异($P<0.05$);全红果除卵+糯外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。75 d时,初红果在CK下可溶性固形物含量最高,且各处理与CK间存在显著差异($P<0.05$);半红果在CK、卵+糯及1-MCP处理下可溶性固形物含量较高,其中,卵磷脂处理下与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在CK和卵磷脂处理下可溶性固形物含量较高,除糯米油外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。

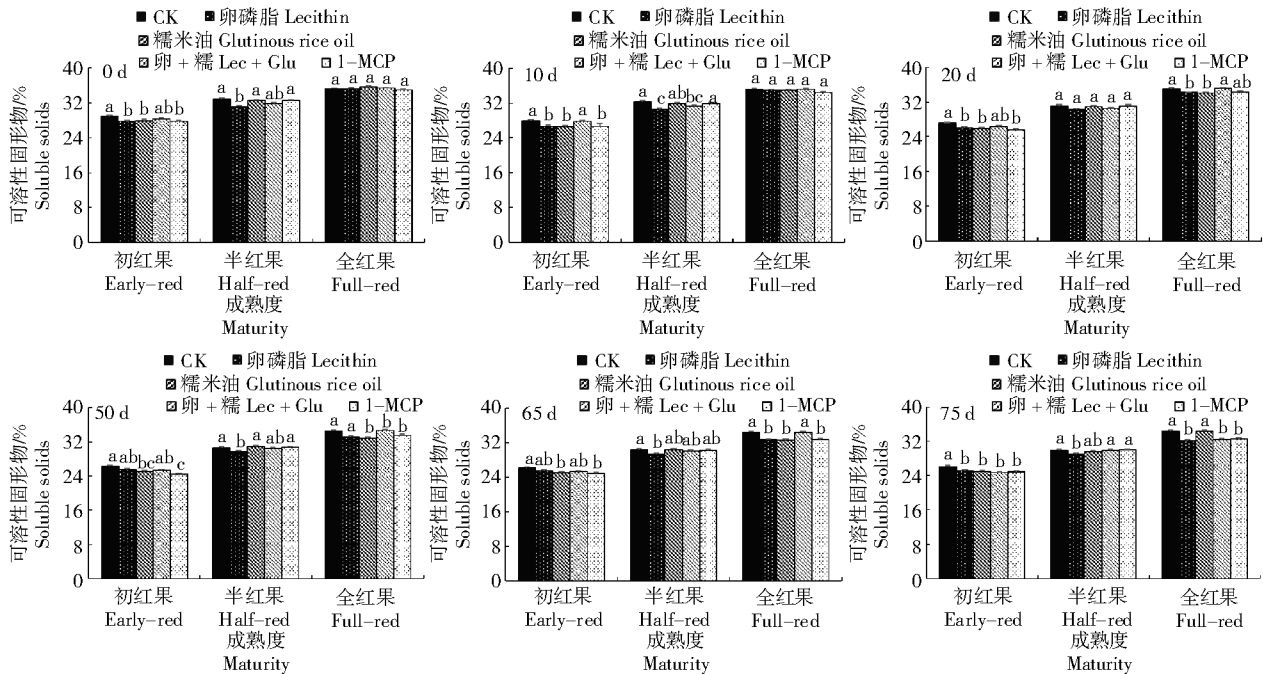


图 11 $-2 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏期间果实可溶性固形物在不同处理及成熟度下的变化

Fig.11 Changes in SSC of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -2°C to -1°C

由图 12 可知,在低温 $-3 \sim -2^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d时,初红果、半红果和全红果在CK下可溶性固形物含量最高,其中,初红果除卵+糯外,其余处理与CK存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下与CK存在显著差异($P<0.05$);全红果在各处理与CK及各处理间差异不显著($P<0.05$)。10 d时,初红果在CK下可溶性固形物含量最高,除卵+糯外,其余处理与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在CK下可溶性固形物含量最高,且在卵磷脂、卵+糯处理下与CK存在显著差异($P<0.05$);全红果在卵+糯处理下可溶性固形物含量较高,但各处理与CK及各处理间差异不显著。20 d时,初红果在CK下可溶性固形

物含量最高,除卵+糯处理外,其余处理与CK存在显著差异($P<0.05$);半红果在1-MCP处理下可溶性固形物含量较高,但各处理与CK及各处理间差异不显著;全红果在卵+糯处理下可溶性固形物含量最高,且部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。50 d时,初红果在CK处理下可溶性固形物含量最高,除卵磷脂外,其余处理与CK存在显著差异($P<0.05$);半红果在CK和卵+糯处理下可溶性固形物含量较高,且在卵磷脂处理下与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在卵+糯处理下可溶性固形物含量最高,且在卵磷脂和1-MCP处理下与CK及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。65 d时,初红果、半红果和全红果

在 CK 下可溶性固形物含量最高,其中,初红果在糯米油和 1-MCP 处理下与 CK 存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下与 CK 存在显著差异($P<0.05$);全红果除卵+糯外,其余处理与 CK 存在显著差异($P<0.05$)。75 d 时,初红果在 CK 下可溶性固形物含量最高,且卵+糯处理与 CK 存

在显著差异($P<0.05$);半红果在 CK 下可溶性固形物含量最高,且在卵磷脂处理下与 CK 存在显著差异($P<0.05$);全红果在 CK 和糯米油处理下可溶性固形物含量较高,除糯米油外,其余处理与 CK 存在显著差异($P<0.05$)。

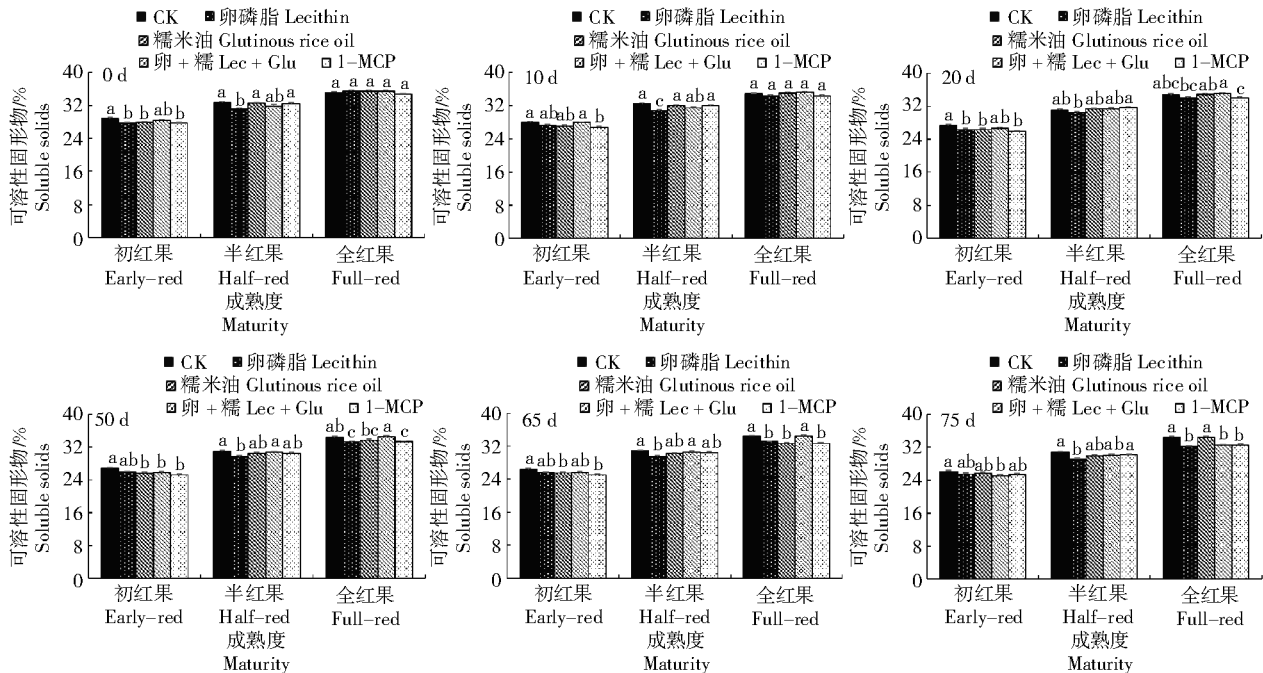


图 12 $-3 \sim -2^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏期间果实可溶性固形物在不同处理及成熟度下的变化

Fig.12 Changes in SSC of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -3°C to -2°C

2.4 不同处理对冬枣果实好果率的影响

好果率是衡量果实品质和保鲜效果的最直观指标,不同成熟度(初红、半红、全红)的冬枣在 2 个不同的温度范围($-2 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 和 $-3 \sim -2^{\circ}\text{C}$)下,随着贮藏时间延长,冬枣果实的好果率逐渐降低,由

100% 降至 0。如图 13 所示,在 $-2 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下,初红果在各处理下果实好果率下降速度小于 CK,半红果在除卵+糯外其他处理果实好果率下降速度小于 CK,全红果在 1-MCP 处理下果实好果率下降速度大于 CK。

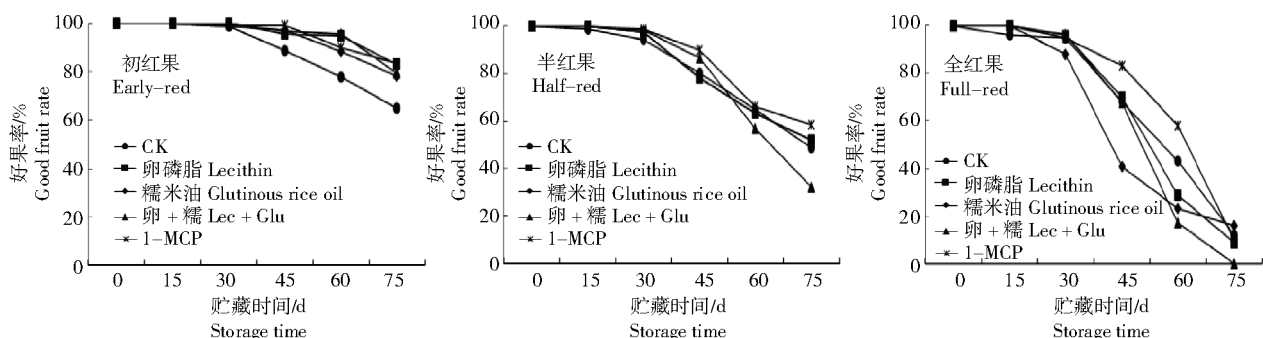


图 13 $-2 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间好果率动态变化的影响

Fig.13 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of good fruit rate under fruit storage at -2°C to -1°C

从图 14 可以看出,在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温贮藏下,初红果在卵磷脂和 1-MCP 处理下果实好果率下降速度小于 CK,半红果在卵+糯处理下果实好果率

下降速度小于 CK,全红果在 1-MCP 处理下果实好果率下降速度大于 CK。

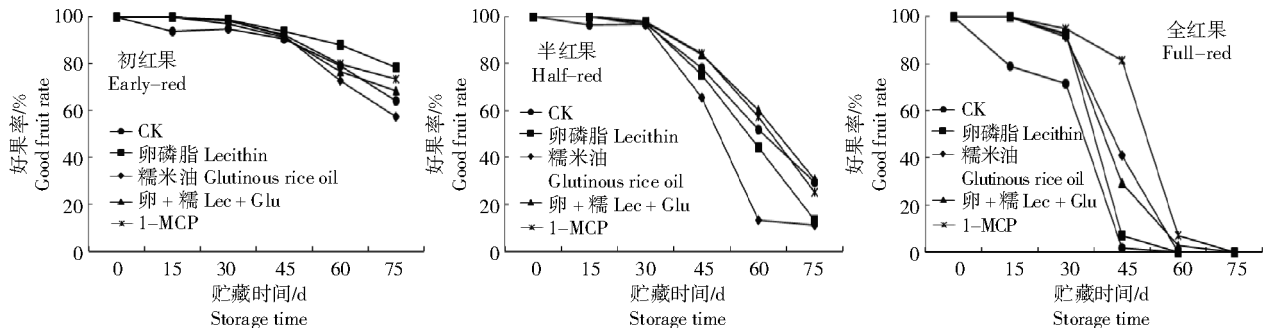


图 14 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下不同采后处理对果实贮藏期间好果率动态变化的影响

Fig.14 Effects of different postharvest treatments on dynamic changes of good fruit rate under fruit storage at $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$

由图 15、16 可知,在低温贮藏条件下,不同成熟度果实的好果率变化显著,且受处理方式的影响明显。在低温 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d 时,初红果、半红果和全红果的好果率在各处理与 CK 及各处理间差异不显著。10 d 时,初红果的好果率在各处理与 CK 及各处理间差异不显著;而半红果和全红果的好果率在 CK 最低,且各处理与 CK 间存在显著差异($P<0.05$)。20 d 时,初红果的好果率在卵磷脂和卵+糯处理下最高,且在卵磷脂和卵+糯处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果的好果率在 1-MCP 处理下最高,各处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果的好果率在卵磷脂和卵+糯处理下最高,除 1-MCP 外,其余处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。50 d 时,初红果在 1-MCP 处理下好果率最高,各处理与 CK 及部分处理存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在 1-MCP 处理下好果率最高,除卵+糯外,其余处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。65 d 时,初红果在卵磷脂和卵+糯处理下好果率最高,各处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵磷脂处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在 1-MCP 处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。75 d 时,初红果在 1-MCP 处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异;半红果在卵磷脂处理下好果率最

高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在糯米油处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。

由图 16 可知,在低温 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,0 d 时,初红果、半红果和全红果的好果率在各处理与 CK 及各处理间差异不显著。10 d 时,初红果、半红果和全红果的好果率在 CK 处理下最低,且各处理与 CK 存在显著差异($P<0.05$)。20 d 时,初红果的好果率在卵磷脂、糯米油和 1-MCP 处理下最高,各处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果的好果率在 1-MCP 处理下最高,1-MCP 处理与 CK 及部分处理存在显著差异($P<0.05$);全红果的好果率在 1-MCP 处理下最高,各处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$)。50 d 时,初红果在卵磷脂处理下好果率最高,除卵+糯外,其余处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在 1-MCP 处理下好果率最高,各处理与 CK 及部分处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在 1-MCP 处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。65 d 时,初红果在卵磷脂处理下好果率最高,除 1-MCP 外,其余处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$);半红果在卵+糯处理下好果率最高,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$);全红果在 1-MCP 处理下好果率最高,而 CK、卵磷脂和糯米油处理下好果率为 0,各处理与 CK 及各处理间存在显著差异($P<0.05$)。75 d 时,初红果在卵磷脂处理下好果率最高,各处理与

CK 及各处理间存在显著差异 ($P < 0.05$); 半红果在卵+糯处理下好果率最高, 各处理与 CK 及各处

理间存在显著差异 ($P < 0.05$); 全红果各处理的好果率均为 0。

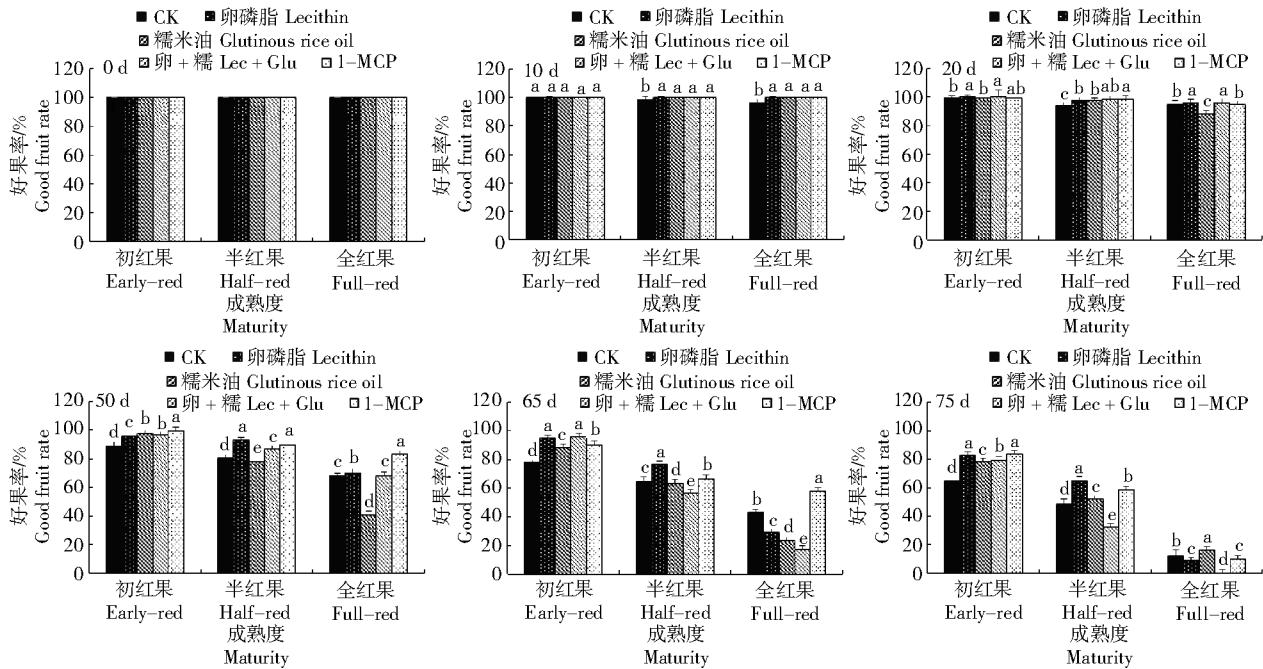


图 15 $-2 \sim -1$ °C 低温贮藏期间果实好果率在不同处理及成熟度下的变化

Fig.15 Changes in good fruit rate of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -2 °C to -1 °C

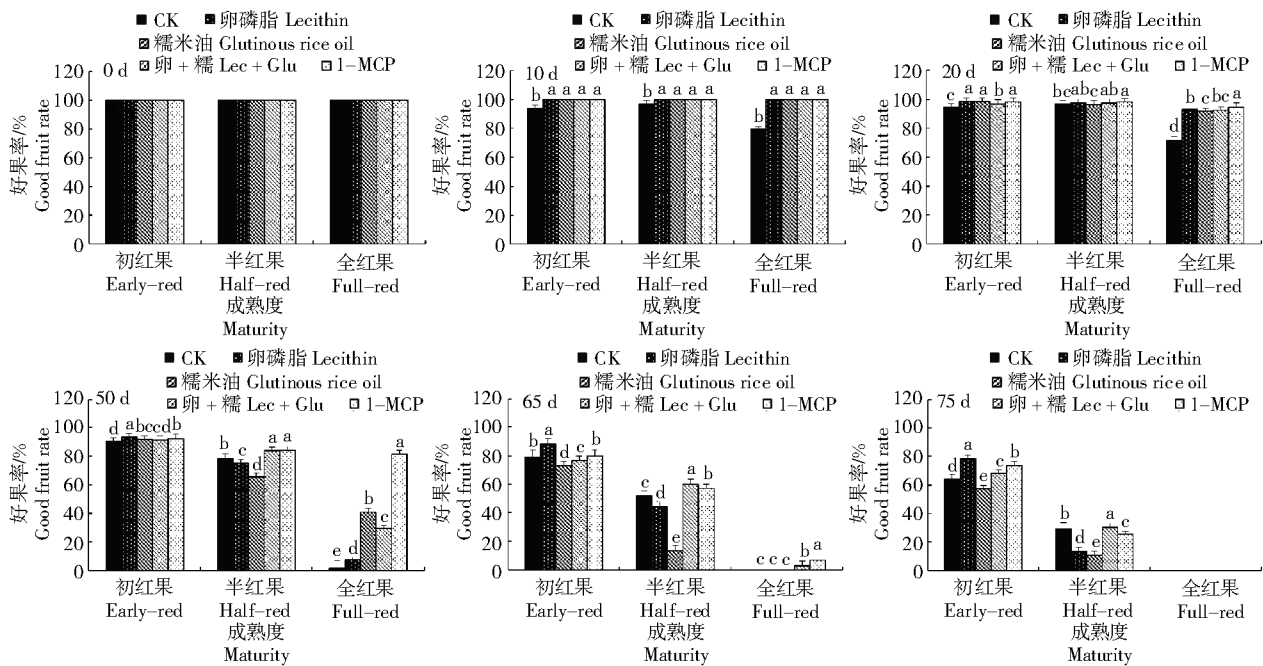


图 16 $-3 \sim -2$ °C 低温贮藏期间果实好果率在不同处理及成熟度下的变化

Fig.16 Changes in good fruit rate of fruits subjected to different treatments and maturity during low temperature storage at -3 °C to -2 °C

2.5 果实品质指标间的相关性分析

由表 2 可知, 冬枣果实呼吸强度与硬度、好果

率呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与可溶性固形物呈极显著负相关 ($P < 0.01$); 硬度与好果率呈极显著

正相关($P<0.01$),与可溶性固形物呈极显著负相关($P<0.01$);可溶性固形物与好果率呈极显著负相关($P<0.01$),表明冬枣在贮藏中,随着时间的增加,呼吸强度变弱,果实变软,可溶性固形物增加。

表 2 果实品质指标间相关性分析
Tab.2 Correlation analysis of quality indicators in fruits

相关系数	Correlation	呼吸强度	Respiratory intensity	硬度	Firmness	可溶性固形物	SSC	好果率	Good fruit rate
呼吸强度	Respiratory intensity		1						
硬度	Firmness		0.79**		1				
可溶性固形物	SSC		-0.96**		-0.84**		1		
好果率	Good fruit rate		0.89**		0.83**		-0.93**		1

注:**表示极显著相关($P<0.01$)。
Note: ** indicated extremely significant correlation($P<0.01$).

2.6 果实采后处理综合评价
用模糊数学中的隶属函数值法对采后冬枣各处理下果实的呼吸强度、硬度、可溶性固形物、好果率进行综合分析,分别得到各指标隶属函数值和平均值,结果如表 3 所示。

表 3 果实采后处理下各指标隶属函数值及综合评价
Tab.3 Membership function values and comprehensive evaluation of various indicators of fruits under the post-harvest treatments

成熟度	贮藏温度/℃	处理	呼吸强度	硬度	可溶性固形物	好果率	均值	排名	均值	排名	均值	排名
Maturity	Storage temperature	Treatment	Respiratory intensity	Firmness	SSC	Good fruit rate	Average	Ranking	Average	Ranking	Average	Ranking
初红果 Early-red	-2~-1	CK	0.037	0	0.341	1	0.344	15	0.323	5	0.329	2
		卵磷脂	0.013	0	0.246	1	0.315	23				
		糯米油	0.030	0	0.259	1	0.322	22				
		卵+糯	0.039	0	0.252	1	0.323	21				
		1-MCP	0.011	0	0.234	1	0.311	24				
	-3~-2	CK	0.019	0	0.346	1	0.341	16	0.334	4		
		卵磷脂	0.035	0	0.267	1	0.326	20				
		糯米油	0.014	0	0.377	1	0.348	14				
		卵+糯	0.009	0	0.312	1	0.330	18				
		1-MCP	0.028	0	0.275	1	0.326	19				
半红果 Half-red	-2~-1	CK	0	0.044	0.613	1	0.414	5	0.421	2	0.432	1
		卵磷脂	0	0.049	0.441	1	0.373	9				
		糯米油	0	0.058	0.573	1	0.408	6				
		卵+糯	0	0.105	0.946	1	0.513	1				
		1-MCP	0	0.076	0.507	1	0.396	7				
	-3~-2	CK	0	0.071	1	0.948	0.505	3	0.443	1		
		卵磷脂	0	0.103	1	0.377	0.370	10				
		糯米油	0	0.089	1	0.308	0.349	12				
		卵+糯	0	0.072	1	0.965	0.509	2				
		1-MCP	0	0.124	1	0.807	0.483	4				
全红果 Full-red	-2~-1	CK	0	0.107	1	0.327	0.359	11	0.346	3	0.318	3
		卵磷脂	0	0.118	1	0.236	0.338	17				
		糯米油	0	0.110	1	0.437	0.387	8				
		卵+糯	0.026	0.162	1	0	0.297	25				
		1-MCP	0	0.131	1	0.260	0.348	13				
	-3~-2	CK	0.030	0.128	1	0	0.289	29	0.290	6		
		卵磷脂	0.022	0.131	1	0	0.288	30				
		糯米油	0.030	0.139	1	0	0.292	26				
		卵+糯	0.033	0.133	1	0	0.292	27				
		1-MCP	0.024	0.138	1	0	0.291	28				

在采后低温贮藏过程中,半红果的贮藏效果最好,其次是初红果,最后是全红果。冬枣初红果和半红果在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下贮藏效果最好,而全红果在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下贮藏效果最好。在初红果的贮藏中,卵+糯处理在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下的贮藏效果最好;在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下,糯米油处理的贮藏效果最好。在半红果的贮藏中,卵+糯处理在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下的贮藏效果最好。在全红果的贮藏中,糯米油处理在 $-2\sim-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围下的贮藏效果最好。

3 结论与讨论

果实维持生物功能的关键在于其呼吸作用,尤其是冬枣在采后仍持续进行生理代谢。强烈的呼吸强度会催化代谢速率和物质消耗,促进衰老进程,故应减缓其呼吸速率。本研究探讨了施用卵磷脂、糯米油、卵+糯以及1-甲基环丙烯(1-MCP)对冬枣呼吸强度的影响。结果显示,卵磷脂和1-MCP在低温贮藏期间显著抑制冬枣的果实呼吸强度,这与袁毅^[11]研究结果相吻合,但其效果受果实成熟度的影响,初红果和半红果在处理后的表现优于全红果。这一现象可能与果实的生理状态和细胞膜的完整性有关,较早成熟的果实在生理活动上更为活跃,对外部处理的反应更强,从而更有效地抑制呼吸作用的增强^[14]。

果实硬度是反映成熟度和衰老程度的重要指标,也是评估贮藏品质的关键因素,其主要由细胞间的结合力决定,尤其是果胶的作用。本研究表明,随着贮藏时间的延长,不同成熟度的冬枣果实硬度普遍下降,主要原因是果胶酶活性增加,导致原果胶转化为可溶性果胶,进而削弱细胞间的粘结力,降低果实硬度^[15]。此外,贮藏过程中果实内部水分逐渐流失,增大了细胞间隙,进一步加速了果实的软化。

可溶性固形物含量是评估冬枣中溶解性糖的关键指标,不仅能够反映果品的成熟度与新鲜程度,也是判断其食用质量的重要参数。本研究表明,随着贮藏温度的升高,冬枣的可溶性固形物含量逐渐降低,这主要是由于高温加速了果实的代谢过程,促进了糖分的转化和降解。不同成熟度的果实对温度和处理方法的响应不同,初红果和半红果的可溶性固形物下降速度较慢,而全红果

的下降速度较快,这与许蕙金兰等^[16]的研究结果一致,这意味着全红果在贮藏过程中更容易失去其甜味和口感,这对其商品价值产生了负面影响。

不同成熟度的冬枣果实在贮藏期间的表现差异主要体现在果实的商品果率和品质变化上。本研究表明,贮藏时间的增加导致冬枣的好果率降低。不同成熟度的果实对温度和处理方法的响应也存在差异,初红果和半红果的好果率下降速度较慢,而全红果的下降速度明显加快,这一研究结果与韩齐齐等^[17]的一致。冬枣果实成熟度越高,果实的呼吸速率和生理活动越强,导致贮藏期间的品质下降速度加快。

延长冬枣贮藏时间,并保持较高的优质果率是该产业发展的关键一步。最新研究表明,冬枣的贮藏技术已经从简单的冷藏演变到采用气调、降压贮藏以及新型保鲜剂的开发,并且生物技术的运用也在其中扮演了角色,有效地增加了冬枣的保质期。然而,每种技术都有其优劣,单独应用不足以达到最佳效果,因此,果蔬保鲜正由单一技术向综合技术应用而转变。本研究重点探讨了在低温环境中,结合膜涂料(如卵磷脂、糯米油、卵+糯的混合物)与化学保鲜剂(如1-MCP)来增强冬枣的贮藏期。研究结果显示,在 $-3\sim-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温贮藏条件下,结合卵+糯的处理方案效果最佳,与翟金兰等^[18]的研究相吻合;同时,贮藏效果随着果实成熟程度的不同而有差异,表现为贮藏时间半红果>初红果>全红果,这与陈贵堂等^[19]、王贵禧^[20]和雷逢超^[21]的研究一致。一般而言,采摘时的成熟度越低,果实的贮藏能力越强。随着成熟度的提高,冬枣的保鲜期显著缩短。但是,由于初红果的果实营养物质含量较低,贮藏品质不佳,因此在冬枣的采摘成熟度上,建议以半红期为宜。

参考文献:

- [1] 冯梅,王晶晶,张世卿,等.不同产地冬枣的果实品质及其与气象因子的相关性分析[J].山西农业科学,2025,53(3):91-99. FENG M, WANG J J, ZHANG S Q, et al. Analysis of fruit quality of winter jujube from different regions and its correlation with meteorological factors[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(3): 91-99.
- [2] 曲泽州,王永蕙.中国果树志·枣卷[M].北京:中国林业出版社,1991:229. QU Z Z, WANG Y H. Chinese fruit tree register: jujube volume [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1991: 229.
- [3] 吴玉蓉,张栋海,崔钰雪,等.三种生长调节剂对设施冬枣新梢生长及果实品质的影响[J].湖北农业科学,2024,63(1):

- 112-115.
- WU Y R, ZHANG D H, CUI Y X, et al. Effects of three growth regulators on shoot growth and fruit quality of winter jujube cultivated in facilities[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2024, 63(1): 112-115.
- [4] 胡波, 李国元, 谢志兵, 等. 不同浓度的1-MCP处理对鄂北冬枣低温贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(20): 1-3.
- HU B, LI G Y, XIE Z B, et al. Effects of different concentration of 1-MCP on quality of winter jujube in northern Hubei under cold storage[J]. Food Research and Development, 2014, 35(20): 1-3.
- [5] 孟创鸽, 曹红霞, 韦建平. 1-MCP对大荔冬枣贮藏品质的影响[J]. 西北园艺(综合), 2019(1): 59-61.
- MENG C G, CAO H X, WEI J P. Effect of 1-MCP on storage quality of Dali Dongzao jujube[J]. Northwest Horticulture, 2019(1): 59-61.
- [6] 何宇. 3种生物保鲜剂对冬枣保鲜效果的影响[J]. 山西农业科学, 2023, 51(8): 928-934.
- HE Y. Effects of three biological preservatives on the preservation of winter jujube[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2023, 51(8): 928-934.
- [7] 肖黎斌, 韩军岐, 张润光, 等. 鲜枣采后生理、贮藏病害及保鲜技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(4): 87-91.
- XIAO L B, HAN J Q, ZHANG R G, et al. Research progress on postharvest physiology, storage diseases and preservation technology of fresh jujube[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2016, 62(4): 87-91.
- [8] LIN L, TIAN S P, WAN Y K, et al. Effects of temperature and atmosphere component on quality of stored jujube fruit[J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46(8): 928-934.
- [9] 王一非, 郑晓冬. 食品添加剂对海洋拮抗酵母 *Rhodospiridium paludigenum* 抑制冬枣采后腐烂效果的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2009, 35(2): 158-164.
- WANG Y F, ZHENG X D. Control of postharvest disease of jujube fruit by combining antagonistic yeast with food additives[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2009, 35(2): 158-164.
- [10] GONG L, ZHAO Z Y, YIN C X, et al. Synergistic interaction of natamycin with carboxymethyl chitosan for controlling *Alternaria alternata*, a cause of black spot rot in postharvest jujube fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 156: 110919.
- [11] 张耀君, 何宇. 冬枣保鲜技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 2018, 64(1): 93-97.
- ZHANG Y J, HE Y. Research progress on preservation technology of winter jujube[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2018, 64(1): 93-97.
- [12] 武继芸. 不同涂膜处理对冬枣贮藏品质和抗氧化活性的影响[D]. 天津: 天津大学, 2016.
- WU J Y. Effects of coating treatments on storage quality and antioxidant capacity of *Zizyphus jujuba* Miller cv. Dongzao[D]. Tianjin: Tianjin University, 2016.
- [13] 刘琳琳, 张辉, 强西怀. 大豆磷脂的开发与利用[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2004, 22(4): 50-54.
- LIU L L, ZHANG H, QIANG X H. Exploitation and application of natural soybean phospholipids[J]. Journal of Shaanxi University of Science & Technology, 2004, 22(4): 50-54.
- [14] 王思滢, 寇莉萍, 蔚江涛, 等. 1-MCP处理对冬枣低温贮藏期间品质变化的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(22): 64-70.
- WANG S Y, KOU L P, YU J T, et al. Effect of 1-MCP treatment on quality of winter jujube during low-temperature storage[J]. Food Research and Development, 2021, 42(22): 64-70.
- [15] 王霞伟, 王曼, 邓豪, 等. 雾化熏蒸结合气调包装技术在冬枣采后贮藏保鲜中的应用[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 153-161.
- WANG X W, WANG M, DENG H, et al. Application of atomization fumigation combined with modified atmosphere packaging technology in storage, transportation and preservation of winter jujube[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(10): 153-161.
- [16] 许惠金兰, 吴培文, 陈仁驰, 等. 贮藏温度对巨峰葡萄采后生理和贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(21): 192-197.
- XU H J L, WU P W, CHEN R C, et al. The influence of storage temperature on post-harvest physiology and storage quality of kyoho grape[J]. Food Research and Development, 2018, 39(21): 192-197.
- [17] 韩齐齐, 张妮妮, 冯萃萃, 等. 冬枣采后生理与气调贮藏关键技术研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(4): 33-39.
- HAN Q Q, ZHANG Y N, FENG L L, et al. Postharvest physiology and the crucial techniques of controlled atmosphere storage of winter jujube[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(4): 33-39.
- [18] 翟金兰, 周红, 杨艳彬, 等. 新疆冬枣低温贮藏过程中品质的变化研究[J]. 食品科技, 2008, 33(5): 246-248.
- ZHAI J L, ZHOU H, YANG Y B, et al. Study on quality change of Xinjiang Dongzao jujube under low temperature storage[J]. Food Science and Technology, 2008, 33(5): 246-248.
- [19] 陈贵堂, 张子德, 马俊莲, 等. 冬枣采后生理及贮藏技术研究[J]. 食品与机械, 2003, 19(2): 9-10.
- CHEN G T, ZHANG Z D, MA J L, et al. Studies on postharvest physiology and storage technology of Dongzao[J]. Food and Machinery, 2003, 19(2): 9-10.
- [20] 王贵禧. 冬枣贮藏保鲜现状与对策[J]. 保鲜与加工, 2003, 3(6): 1-2.
- WANG G X. Present situation and countermeasures of storage and preservation of winter jujube[J]. Storage and Process, 2003, 3(6): 1-2.
- [21] 雷逢超, 钟玉, 张有林, 等. 鲜枣采后生理及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 陕西农业科学, 2011, 57(3): 153-157.
- LEI F C, ZHONG Y, ZHANG Y L, et al. Research progress on postharvest physiology and storage and preservation technology of fresh jujube[J]. Journal of Shaanxi Agricultural Sciences, 2011, 57(3): 153-157.