

近冰温结合钙处理对杏果实货架期品质的调控

张欢欢¹, 何欢¹, 孙丽娜², 张昱¹, 张文娜¹, 叶雨飞¹, 张亚琳¹, 朱璇^{1*}, 崔宽波^{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. 新疆农业科学院农业机械化研究所, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要: 为探索延长杏果实货架寿命的方法, 以新疆“赛买提”杏果实为试验材料, 以单独钙处理组和近冰温组为对照, 研究近冰温结合钙处理组对杏果实货架品质的影响, 将贮藏70 d的杏果实以低温冷链方式出库, 于13~15 °C的环境中存放, 每2 d取样测定杏果实品质指标。结果表明, 在货架末期, 近冰温结合钙处理组杏果实商品率、硬度及可滴定酸、抗坏血酸含量分别为62.50%、4.41 N、0.46%、3.49 mg/100 g, 与单独近冰温组相比分别高了32.81%、39%、27.78%、17.51%, 而货架后期时近冰温结合钙处理杏果实呼吸强度也始终保持在较低水平。综合以上结果说明近冰温结合钙处理可保持杏果实较高的硬度和商品率, 有效延缓杏果实可溶性固形物(SSC)、可滴定酸(TA)及抗坏血酸(Vc)含量的下降及色泽的转变, 使杏果实感官品质保持在较高水平, 从而延长杏果实货架寿命。

关键词: 杏果实; 近冰温贮藏; 钙处理; 货架期; 品质

文章编号: 1673-9078(2021)11-214-221

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.11.0243

Regulation of Near Freezing Temperature and Calcium Treatment on Apricot Fruit Shelf Life Quality

ZHANG Huanhuan¹, HE Huan¹, SUN Lina², ZHANG Yu¹, ZHANG Wenna¹, YE Yufei¹, ZHANG Yalin¹, ZHU Xuan^{1*}, CUI Kuanbo^{2*}

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

(2. Agricultural Mechanization Institute, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: In order to explore ways to extend the shelf life of apricot fruits, Xinjiang's Saimati apricot fruits were used as experimental materials, the calcium treatment group and the near freezing temperature group were used as controls to study the effects of the near freezing temperature combined with calcium treatment on the shelf quality of apricot fruits. The apricots stored for 70 days were shipped out of the warehouse in a low-temperature cold chain and stored in an environment of 13~15 °C. Samples were taken every 2 days to determine the quality indicators of apricot fruits. The results showed that at the end of shelf life, the commodity rate, hardness, titratable acid and ascorbic acid contents of apricot fruit in the near freezing temperature combined with calcium treatment group were 62.50%, 4.41 N, 0.46%, and 3.49 mg/100 g, respectively, which were 32.81%, 39%, 27.78% and 17.51%, respectively, higher than those in the near freezing temperature group alone. The respiration intensity of apricot fruits treated with near freezing temperature and calcium remained at a low level. The above results show that the combination of near freezing temperature and calcium treatment can maintain a higher hardness and commodity rate of apricot fruits, effectively delay the decline of SSC, TA, and Vc contents and the color change of apricot fruits, and keep the sensory quality of apricot fruits at a higher level.

Key words: apricot fruits; near freezing temperature storage; calcium treatment; shelf-life; quality

引文格式:

张欢欢,何欢,孙丽娜,等.近冰温结合钙处理对杏果实货架期品质的调控[J].现代食品科技,2021,37(11):214-221

ZHANG Huanhuan, HE Huan, SUN Lina, et al. Regulation of near freezing temperature and calcium treatment on apricot fruit shelf life quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(11): 214-221

收稿日期: 2021-03-09

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31860462); 南京农业大学-新疆农业大学联合基金项目(KYYJ201908); 新疆农业大学研究生科研创新项目资助(XJAUJRI2020-019); 中央财政林草科技推广示范项目(新[2020]TG10号)

作者简介: 张欢欢(1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬贮藏及物流工程, E-mail: 1716202815@qq.com

通讯作者: 朱璇(1971-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 果蔬贮藏及物流工程, E-mail: 13999877961@126.com; 崔宽波(1982-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品加工及贮藏保鲜, E-mail: 30877141@qq.com

杏 (*Prunus armeniaca* L.) 是蔷薇科李属植物^[1], 新疆是杏的主要栽培地, 也是杏的重要起源地之一^[2]。新疆杏品种丰富、产量大、品质优, 主要以鲜食为主, 其中“赛买提”杏是著名的品种之一, 但杏果实为呼吸跃变型果实, 成熟期于高温季节, 采后生理代谢旺盛, 在常温环境放置会迅速腐败变质, 货架期短^[3,4]。因而限制了新疆杏产业的发展与进步^[5]。目前, 杏果实贮藏应用最广泛的是低温贮藏技术, 但冷敏性果蔬在低温贮藏时会发生不同程度的冷害, 即出现果蔬代谢失调、褐变等症状^[6], 而近冰温贮藏技术能很好的解决上述问题, 减轻杏果实冷害的发生^[7]。课题组前期对杏果实近冰温贮藏技术进行研究, 发现近冰温贮藏能有效减轻杏果实冷害程度, 保持杏果实贮藏品质, 但在货架期间杏果实硬度下降趋势较快, 因此对于杏果实货架期间的硬度还有待提高。为解决上述问题本文研究了近冰温技术与钙处理的复合保鲜技术, 以期两者相结合产生的协同作用能延缓杏果实货架期硬度下降, 更好的保持杏果实货架品质, 延长其货架寿命。

近冰温贮藏是继冷藏和气调贮藏之后的第三代保鲜技术^[8], 是指将果蔬贮藏在 0 °C 到冰点温度范围内, 使果蔬保持活体状态的保鲜技术, 可最大程度的抑制呼吸作用及有害微生物的生长, 减少营养物质的损失, 从而延长果实贮藏期, 较好的保持其贮藏品质^[9]。近年来, 越来越多的研究表明, 近冰温贮藏在提高果实抗冷性和延长贮藏期方面具有重要的作用, 在樱桃^[10]、梨^[11]、苹果^[12]、油桃^[13]、杏^[14]等的研究表明, 近冰温贮藏能够有效降低果实的呼吸代谢, 保持果实原有的品质及口感, 延长了果实的耐储性和商业价值。钙是果实发育所需的矿物元素之一, 一方面对果实贮藏过程中冷害的发生有控制作用, 另一方面可与果实细胞壁中的果胶酸结合形成果胶酸钙, 起到保持果实硬度的作用^[15,16]。研究表明, 外源钙处理可有效延缓樱桃^[17]、杏^[18]和桃^[19]等果实贮藏期硬度的下降。

目前, 复合保鲜技术是保鲜技术的发展趋势, 也是果蔬贮藏研究的新方向。为更好的保持采后果蔬贮藏品质, 延长果蔬货架期, 一些学者相继研究了近冰温复合保鲜技术。研究发现, 1-MCP 结合近冰温贮藏可保持柿果实贮藏品质, 延长柿果实贮藏期^[20]; 臭氧结合近冰温贮藏可延缓葡萄果实的衰老和品质变质, 有效延长葡萄果实贮藏期^[21]。已有的近冰温复合保鲜技术主要是对果实贮藏期品质进行研究, 对果实货架期品质的研究少有报道, 而如何延缓果实货架期硬度的下降, 更好保持果实货架品质的问题越来越受到人们的重视。因此, 本试验以“赛买提”杏果实为试材, 采用近冰温结合钙处理的贮藏方法, 研究其对杏果实

货架期品质及货架寿命的影响, 为开发新型杏果实贮藏保鲜技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

赛买提杏于 2020 年 7 月 6 日采摘于新疆喀什英吉沙县当地果园, 挑选无病虫害、无机械损伤, 且成熟度、色泽、大小均匀一致的果实进行处理。

氢氧化钠、2,6-二氯靛酚、酚酞、邻苯二甲酸氢钾、抗坏血酸、草酸等试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

Rc-4 温度记录仪, 江苏精创电气股份有限公司; GB-4 果实硬度计, 浙江艾德堡仪器有限公司; AL204-IC 电子分析天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; PAL-1 数字式糖度计折光仪, 日本 Atago 公司; SHB-III 循环水式真空泵, 郑州长城科工贸有限公司; SC-10 精密色差仪, 苏州欣美和仪器有限公司; 近冰温专用冷藏库; 普通冷藏库。

1.3 试验材料处理方法

参考崔宽波等^[14]的方法测定杏果实冰点, 确定近冰温贮藏温度为-1.5~-1.0 °C, 分别进行下面的处理:

钙处理组(对照 1): 将杏果实放置于 2.0%氯化钙溶液中, 在 0.05 MPa 保持 2 min 后于常压下浸泡 5 min, 自然晾干后分成 3 组, 每个重复 3 kg 置于普通冷库(1.0~2.0 °C)中贮藏。

近冰温组(对照 2): 将杏果实置于蒸馏水中, 在 0.05 MPa 保持 2 min 后于常压下浸泡 5 min, 自然晾干后分成 3 组, 每个重复 3 kg 置于冰温库(-1.5~-1.0 °C)中贮藏。

近冰温结合钙处理组: 将杏果实置于 2.0%氯化钙溶液中, 在 0.05 MPa 保持 2 min 后于常压下浸泡 5 min, 自然晾干后分成 3 组, 每个重复 3 kg 置于冰温库(-1.5~-1.0 °C)中贮藏。

贮藏 70 d 后采用李亚玲等^[22]的方法以低温冷链出库方式出库, 将杏果实从冰温库中取出后, 放置于 1.0~2.0 °C 冷库 6 h 后转入 4.0~6.0 °C 冷库中 6 h, 再转入 8~10 °C 冷库中 6 h, 最后于 13~15 °C 的环境中存放, 货架期间每 2 d 取样测定杏果实品质的变化。

1.4 指标测定

1.4.1 商品率测定

表 1 杏果实感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of apricot fruit

评定指标	评价内容	分值
果实口感、质地	酸甜可口, 果肉紧密饱满, 汁液丰富	26~40
	酸甜味较淡, 果肉略显松软, 汁液尚可	13~26
	无明显风味, 果肉软绵, 汁液较少	0~12
果实外观、褐变	果皮明亮无干皱, 果肉色泽鲜亮, 无胶冻状	21~30
	果皮较黄轻微干皱, 果肉色泽较黄, 无明显胶冻状	11~20
	果皮暗黄干皱, 果肉色泽暗, 严重胶冻状	0~10
果实香气、异味	杏果清香浓郁, 无异味	21~30
	杏果香气较淡, 轻微异味	11~20
	无杏果固有的香气, 有异味	0~10

具有商品价值的杏果实标准: 腐烂面积<10%; 褐变面积<20%, 并具有杏果实特有风味^[23]。按照下列公式进行计算:

$$\text{商品率}(\%) = \frac{\text{有商品价值的杏果实个数}}{\text{果实总个数}} \times 100\%$$

1.4.2 呼吸强度测定

采用曹建康等^[24]的方法静置法进行呼吸强度的测定, 呼吸强度以每小时每千克果蔬累积释放的 CO₂ 质量所表示, 单位: mg/(kg·h)。

1.4.3 硬度测定

采用 GY-4 果实硬度计测定果实硬度。沿果实赤道部位等距离选取 2 个位置进行测定, 每组随机选取 15 个杏果实, 取平均值记为果实硬度, 单位: N。

1.4.4 可溶性固形物含量 (SSC) 测定

采用 PAL-1 型糖度仪测定杏果实可溶性固形物含量, 每组测定三次, 结果取平均值, 单位: %。

1.4.5 可滴定酸 (TA) 含量测定

采用曹建康等^[24]的方法, 以苹果酸计 (折算系数 0.067), 单位: %。

1.4.6 抗坏血酸 (Vc) 含量测定

参照曹建康等^[24]的方法, 用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定, 单位: mg/100 g。

1.4.7 果实表面色泽测定

每组处理随机选取 15 个杏果实, 在果实赤道两侧均匀选取三个点, 用 SC-10 精密色差仪对杏果实表面颜色 (L*, a*, b*) 测定, 每组测定三次, 取平均值。

1.4.8 感官评价

感官评价参照李亚玲的方法^[22]。感官品尝小组成员由 10 名接受过感官培训的人员组成, 从口感质地、外观褐变、香气异味等方面对杏果实进行喜好度评分。最后, 每位小组成员对杏果实的总体接受度进行总体评分, 记为消费者满意度。

1.5 数据分析

基础数据的整理采用 Excel 2010, 数据统计分析采用 SPSS 22.0 软件, $p < 0.05$ 表示差异显著水平, 作图采用 Origin 8.5 绘图软件。

2 结果与分析

2.1 近冰温结合钙处理对杏果实货架期商品

率的影响

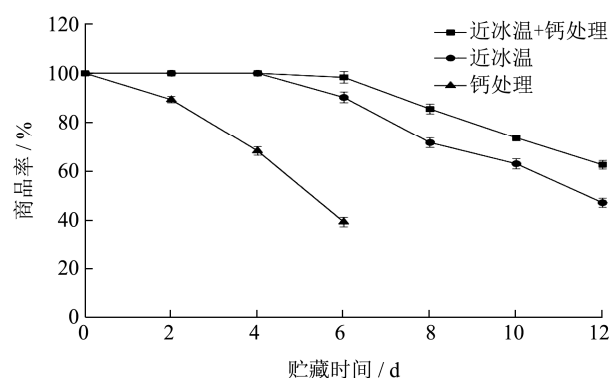


图 1 不同处理对杏果实货架期商品率的影响

Fig.1 Effect of different treatment on the commodity rate of apricot fruits

如图 1 所示, 随着货架期时间的延长, 杏果实商品率均呈下降的趋势, 且钙处理组的下降最为明显。在货架第 6 d 时, 钙处理组杏果实商品率为 39.24%, 超过一半的果实已失去商品价值, 近冰温结合钙处理组及近冰温组果实商品率分别为 98.33% 和 90.15%, 相比钙处理高 60.09% ($p < 0.05$) 和 56.47% ($p < 0.05$)。在货架第 12 d 时, 近冰温组商品率为 47.06%, 比近冰温结合钙处理组高 29.17% ($p < 0.05$), 这与李亚玲等^[22]对小白杏货架期品质研究结果相似, 说明近冰温

结合钙处理及近冰温贮藏可有效延缓杏果实货架期商品率的下降, 其中近冰温结合钙处理组效果最佳。

2.2 近冰温结合钙处理对杏果实货架期呼吸

强度的影响

呼吸强度是评价杏果实耐贮性和品质变化的重要指标^[25]。如图 2 所示, 货架期间杏果实呼吸强度呈先上升后下降趋势。在货架第 10 d 时呼吸强度最高, 两组果实呼吸强度分别为 20.24 mg/(kg·h) 和 21.71 mg/(kg·h), 近冰温组比近冰温结合钙处理组高 7.26% ($p>0.05$), 随后杏果实呼吸强度开始下降, 在货架期 12 d 时, 近冰温结合钙处理组杏果实呼吸强度比单独近冰温组低 5.91%, 但两者差异不显著。刘邦迪等^[26]的发现, 近冰温贮藏推迟了果实呼吸高峰的到来, 较好的抑制果实呼吸强度, 本试验研究表明近冰温结合钙处理及近冰温贮藏可抑制杏果实货架期呼吸强度的上升, 而近冰温结合钙处理组呼吸强度在货架后期保持在较低的水平, 效果最佳。

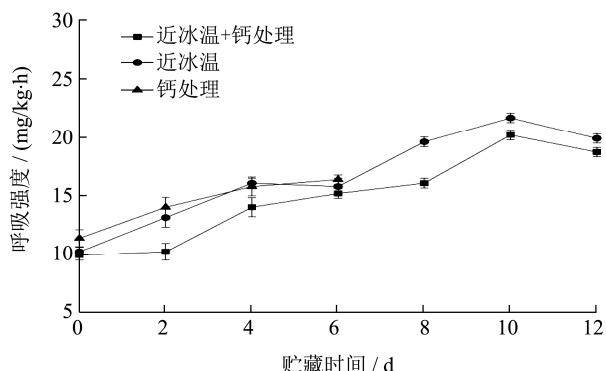


图 2 不同处理对杏果实货架期呼吸强度的影响

Fig.2 Effect of different treatment on the respiration rate of apricot fruits

2.3 近冰温结合钙处理对杏果实货架期硬度

的影响

硬度是反应杏果实货架期品质变化的重要指标。如图 3 所示, 随着货架期时间的延长, 杏果实硬度逐渐下降。在货架第 6 d 时, 钙处理组的杏果实硬度为 2.89 N, 部分果实已严重软化无法继续贮藏, 近冰温结合钙处理组及近冰温组杏果实硬度分别比它高 52.19% ($p<0.05$) 和 43.64% ($p<0.05$)。在货架第 12 d 时, 近冰温结合钙处理组杏果实硬度为 4.41 N, 比近冰温组高 39% ($p<0.05$)。梁庆沙等^[27]的研究说明经钙处理的果实硬度明显好与对照组, 可能由于钙处理加强了与细胞壁中果胶的结合, 对细胞壁结构起维护和

调节作用。本试验结果表明近冰温结合钙处理及近冰温贮藏有效减缓了杏果实硬度的下降, 其中近冰温结合钙处理组效果最佳。

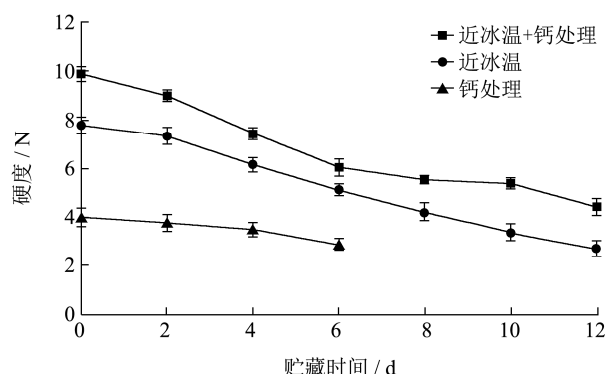


图 3 不同处理对杏果实货架期硬度的影响

Fig.3 Effect of different treatment on the firmness of apricot fruits

2.4 近冰温结合钙处理对杏果实货架期 SSC

的影响

SSC 是衡量杏果实货架期品质及风味的重要指标。如图 4 所示, 在整个货架期间, 钙处理组杏果实 SSC 呈下降趋势, 近冰温结合钙处理组及近冰温组呈先上升后下降的趋势, 与钙处理相比 SSC 保持在较高的水平。在货架第 12 d 时, 近冰温结合钙处理组 SSC 为 15.1%, 比近冰温组高 7.28% ($p>0.05$)。Liu 等^[28]的研究中发现, 近冰温贮藏条件可以有效延缓杏果实中 SSC 含量的下降, 这在本试验中也有所体现, 本试验结果表明近冰温结合钙处理及近冰温贮藏有效延缓了杏果实货架期 SSC 的下降, 可较好的保持杏果实风味, 其中近冰温结合钙处理效果最佳。

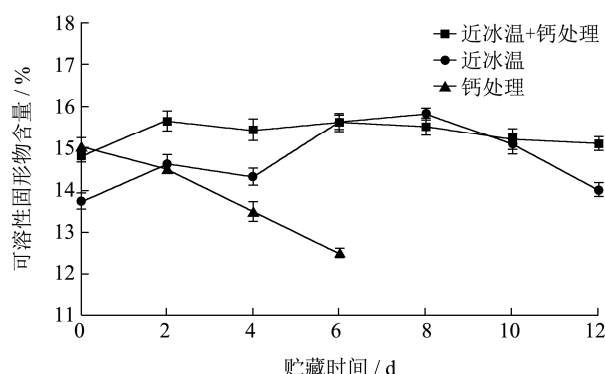


图 4 不同处理对杏果实货架期 SSC 的影响

Fig.4 Effect of different treatment on the SSC of apricot fruits

2.5 近冰温结合钙处理对杏果实货架期 TA 含

量的影响

如图 5 所示, 货架期间杏果实 TA 含量随着货架时间的延长而逐渐降低, 但近冰温结合钙处理组杏果实的 TA 含量始终高于其他两组。在货架第 6 d 时, 近冰温结合钙处理组、近冰温组及钙处理组杏果实 TA 含量分别是 0.52%、0.49% 和 0.39%, 近冰温结合钙处理组比近冰温组高 5.77% ($p < 0.05$)。在李亚玲等^[22]及范新光等^[1]的研究中也表明, 近冰温条件下贮藏可延缓果实 TA 含量的下降, 本试验中发现近冰温贮藏可延缓杏果实货架期 TA 含量的下降, 但相比单独近冰温贮藏, 近冰温结合钙处理组效果更佳。

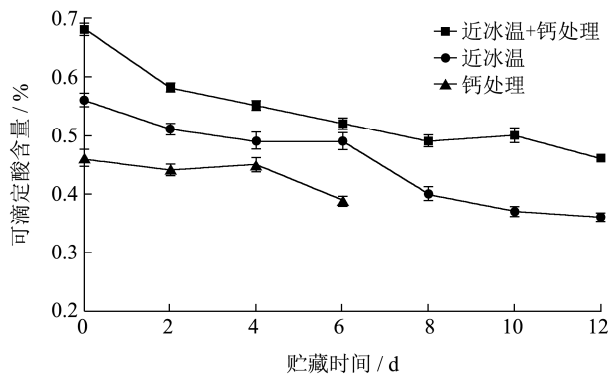


图 5 不同处理对杏果实货架期 TA 含量的影响

Fig.5 Effect of different treatment on the TA of apricot fruits

2.6 近冰温结合钙处理对杏果实货架期 Vc 含量的影响

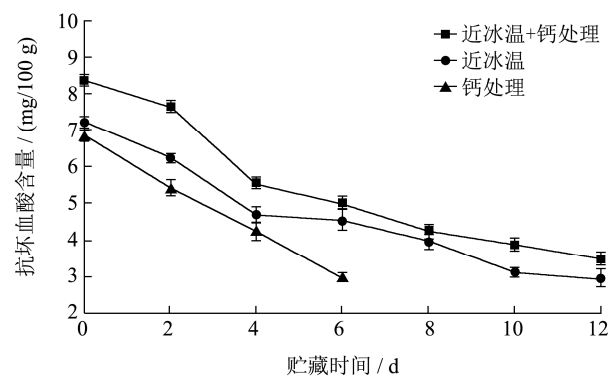


图 6 不同处理对杏果实货架期 Vc 含量的影响

Fig.6 Effect of different treatment on the Vc of apricot fruits

Vc 作为果实中的重要营养物质, 是果实贮藏品质的重要评价指标^[29]。如图 6 所示, 货架期间杏果实 Vc 含量呈迅速下降的趋势, 在货架第 6 d 时, 钙处理组杏果实 Vc 含量仅为 2.97%, 近冰温结合钙处理组及近冰温组分别比它高 40.84% 和 34.86% ($p < 0.05$)。在货架第 12 d 时, 近冰温结合钙处理组杏果实 Vc 含量比近冰温组高 14.90% ($p < 0.05$)。这与 Irrum 等^[30]及 Cui 等^[31]的研究结果相似, 说明近冰温结合钙处理及近冰温贮藏可抑制杏果实货架期 Vc 含量的下降,

但近冰温结合钙处理组下降相对缓慢, 效果最佳。

2.7 近冰温结合钙处理对杏果实货架期色泽的影响

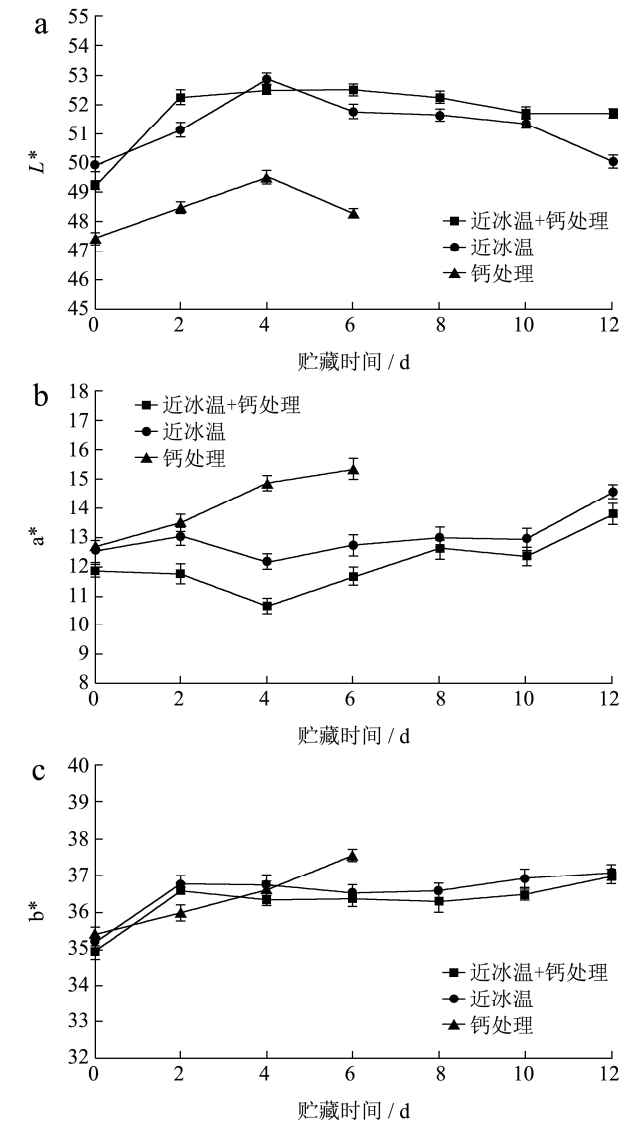


图 7 不同处理对杏果实货架期色泽(L*、a*、b*)的影响

Fig.7 Effect of different treatment on the color (L*, a*, b*) of apricot fruits

果皮的色泽变化是反应果实成熟度和新鲜度的指标, 也是消费者购买时最直观的衡量指标。如图 7 所示, L*值先升高后下降, a*值和 b*值的整体呈上升的趋势, 说明随着货架期时间的延长, 杏果实果皮亮度逐渐降低, 红色和黄色逐渐加深。但近冰温结合钙处理组及近冰温组与钙处理组相比, 明显延缓了 L*值的下降, 抑制 a*值和 b*值的上升 ($p < 0.05$)。在货架第 12 d 时, 近冰温结合钙处理组杏果实 L*值和 a*值分别为 51.70 和 13.78, 比近冰温组 L*值高 3.21% ($p > 0.05$), a*值高 5.52% ($p > 0.05$)。GAYED 等^[19]

在桃果实货架期品质的研究中表明,经钙处理的桃果实有保持了较好的外观,表明近冰温结合钙处理组及近冰温组可有效抑制杏果实货架期色泽的转变,两者对杏果实色泽的影响无显著差异。

2.8 近冰温结合钙处理对杏果实货架期感官品质的影响

感官品质是描述和判断果实货架期品质及货架寿命的最直观指标。如表 2 所示,杏果实的口感、外观及香气均随着货架期时间的延长呈下降的趋势。三个

处理组中钙处理杏果实各项指标迅速下降,在第 6 d 时就已失去食用价值,出现果肉软绵现象,酸甜口味过淡,腐烂程度高。货架前期近冰温结合钙处理组及近冰温组杏果实感官品质无明显差异 ($p>0.05$),在货架第 6 d 开始,近冰温组杏果实出现果梗处皱缩、表皮色泽变暗、果肉褐变等现象,而近冰温结合钙处理组的杏果实表皮色泽鲜亮,果肉紧致无明显褐变,在外观上两者差异显著 ($p<0.05$),而口感及香气之间并无明显差异。在货架 12 d 时,杏果实果肉严重软绵、褐变,腐烂程度也逐渐升高,已无食用价值和商品价值。相比之下,近冰温结合钙处理组杏果实感官品质更佳。

表 2 不同处理对杏果实感官品质的影响

Table 2 Effect of different treatment on the sensory quality of apricot fruit

评定指标	处理方法	货架时间/d						
		0	2	4	6	8	10	12
口感质地	近冰温+钙处理	7.67±0.36 ^a	7.92±0.47 ^a	7.58±0.31 ^a	7.50±0.34 ^a	7.33±0.51 ^a	6.91±0.31 ^a	6.73±0.31 ^a
	近冰温	7.58±0.47 ^a	7.75±0.61 ^a	7.67±0.42 ^a	7.27±0.42 ^{ab}	6.97±0.31 ^b	6.79±0.20 ^a	6.35±0.42 ^a
	钙处理	6.83±0.31 ^b	6.25±0.41 ^b	5.67±0.49 ^b	5.08±0.34 ^b	-	-	-
外观褐变	近冰温+钙处理	8.00±0.47 ^a	7.89±0.33 ^a	7.67±0.33 ^a	7.33±0.47 ^a	6.78±0.31 ^a	6.00±0.47 ^a	5.86±0.31 ^a
	近冰温	7.89±0.57 ^a	7.78±0.57 ^a	7.11±0.42 ^a	5.89±0.57 ^b	5.67±0.27 ^b	5.44±0.42 ^b	5.22±0.12 ^b
	钙处理	6.67±0.27 ^b	6.44±0.42 ^b	5.89±0.37 ^b	5.56±0.28 ^b	-	-	-
香气异味	近冰温+钙处理	7.67±0.54 ^a	7.44±0.31 ^a	7.44±0.42 ^a	7.22±0.57 ^a	6.78±0.23 ^a	6.56±0.68 ^a	5.89±0.57 ^a
	近冰温	7.44±0.63 ^a	7.67±0.54 ^a	7.33±0.34 ^a	7.22±0.42 ^a	6.67±0.27 ^a	6.11±0.28 ^b	5.78±0.27 ^a
	钙处理	6.67±0.22 ^a	6.11±0.27 ^a	5.89±0.43 ^a	5.33±0.54 ^b	-	-	-
总分	近冰温+钙处理	7.73±0.19 ^a	7.67±0.05 ^a	7.53±0.19 ^a	7.33±0.09 ^a	6.67±0.21 ^a	6.37±0.17 ^a	5.73±0.05 ^a
	近冰温	7.63±0.29 ^a	7.73±0.09 ^a	7.47±0.09 ^a	6.80±0.14 ^b	6.27±0.17 ^b	5.93±0.26 ^b	5.63±0.34 ^a
	钙处理	6.73±0.19 ^b	6.27±0.24 ^b	5.80±0.29 ^b	5.30±0.22 ^c	-	-	-

注:表中标注的不同字母表示同列下同一指标 $p<0.05$ 水平存在显著性差异。

4 结论

本文通过研究近冰温结合钙处理对杏果实货架期品质的影响,结果发现,相比单独钙处理组,近冰温结合钙处理及单独近冰温贮藏可有效保持杏果实货架期品质,延长果实货架期至 12 d。在货架 12 d 时,近冰温结合钙处理组杏果实商品率、硬度及可滴定酸、抗坏血酸含量分别为 62.50%、4.41 N、0.46%、3.49%,与单独近冰温组相比分别高了 32.81%、39%、27.78%、17.51%,而货架后期时近冰温结合钙处理杏果实在呼吸强度也始终保持在较低水平。说明近冰温结合钙处理对杏果实货架期间的商品率、硬度、可滴定酸及抗坏血酸含量有较好的保持作用,从而降低了杏果实在货架期的腐烂变质,延长货架寿命。因此,近冰温结合钙处理技术在果实贮藏保鲜的应用中具有巨大潜力,这为果实贮藏保鲜提供了新思路。

参考文献

- [1] 范新光.杏果实采后品质特性及近冰温冷藏技术研究[D].北京:中国农业大学,2018
FAN Xinguang. Analysis of apricot postharvest quality and study of near freezing temperature storage on apricot [D]. Beijing: China Agricultural University, 2018
- [2] 卢娟芳,郑惠文,郑巧,等.新疆杏果实发育过程中香气物质的变化及其特征成分的确定[J].园艺学报,2016,43(10): 1878-1890
LU Juanfang, ZHENG Huiwen, ZHENG Qiao, et al. Changes in aroma volatiles of Xinjiang apricot fruit during development and ripening and characteriz of key aroma components [J]. Acta Horticulture, 2016, 43(10): 1878-1890
- [3] 李丽花,张瑞杰,姚远丽,等.24-表油菜素内酯调控苯丙烷代谢增强杏果实抗病性的研究[J].现代食品科技,2017,33(9): 71-76,19
LI Lihua, ZHANG Ruijie, YAO Yuanli, et al. Studies on 24-epibrassinolide to regulate phenylpropane metabolism and

- enhance disease resistance of apricot fruits [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(9): 71-76, 19
- [4] 李自芹,杨慧,李文绮,等.新疆鲜杏保鲜技术研究现状[J].农产品加工, 2020,20:89-94
LI Ziqin, YANG Hui, LI Wenqi, et al. Research status of fresh apricot technology in Xinjiang [J]. *Processing of Agricultural Products*, 2020, 20: 89-94
- [5] 敬媛媛,杨婷婷,马玄,等.不同成熟度杏果实采后细胞壁物质代谢规律的研究[J].现代食品科技,2017,33(5):103-108
JING Yuanyuan, YANG Tingting, MA Xuan, et al. Studies of the patterns of cell wall material metabolism in postharvest apricot fruits at different degrees of maturity [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(5): 103-108
- [6] 付坦.冬枣冰温保鲜技术的研究[D].天津:天津商业大学, 2013
FU Tan. Study on the technology of ice-temperature storage of Dongzao jujube [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2013
- [7] 李亚玲,崔宽波,石玲,等.近冰温贮藏对杏果实冷害及活性氧代谢的影响[J].食品科学,2020,41(7):177-183
LI Yaling, CUI Kuanbo, SHI Ling, et al. Effect of near freezing temperature storage on chilling injury and active oxygen metabolism of apricot fruit [J]. *Food Science*, 2020, 41(7): 177-183
- [8] 范新光,梁畅畅,郭风军,等.近冰温冷藏过程中果蔬采后生理品质变化的研究现状[J].食品与发酵工业,2019,45(18): 270-276
FAN Xinguang, LIANG Changchang, GUO Fengjun, et al. Research process on postharvest physiological changes of fruits and vegetables during near freezing point storage [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(18): 270-276
- [9] Jing L, Wang Y, Wang R, et al. Effects of controlled freezing-point storage on quality of fresh-cut broccoli [J]. *Advance Journal of Food Science & Technology*, 2016, 12(6): 317-325
- [10] Zhao H D, Liu B D, Zhang W L, et al. Enhancement of quality and antioxidant metabolism of sweet cherry fruit by near-freezing temperature storage [J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2019, 147: 113-122
- [11] 王志华,姜云斌,王文辉,等.丰水梨自发性调及近冰温贮藏保鲜试验研究[J].食品科学,2010,31(24):449-452
WANG Zhihua, JIANG Yunbin, WANG Wenhui, et al. Preservative effect of MAP and near freezing point storage on Housui pear [J]. *Food Science*, 2010, 31(24): 449-452
- [12] 舒畅,刘帮迪,张万立,等.近冰温冷藏对‘金冠’苹果贮藏品质的影响[J].食品科学,2020,41(1):244-251
SHU Chang, LIU Bangdi, ZHANG Wanli, et al. Improving postharvest quality of apple (*Malus × domestica* Borkh. cv. golden delicious) fruit by storage at near freezing temperature [J]. *Food Science*, 2020, 41(1): 244-251
- [13] Zhao H D, Shu C, Fan X G, et al. Near-freezing temperature storage prolongs storage period and improves quality and antioxidant capacity of nectarines [J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 228: 196-203
- [14] 崔宽波,范新光,杨忠强,等.近冰点贮藏对小白杏采后品质和抗氧化能力的影响[J].食品科学,2019,40(3):238-244
CUI Kuanbo, FAN Xinguang, YANG Zhongqiang, et al. Improved postharvest quality and antioxidant capacity of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Xiaobai) during storage at near freezing temperature [J]. *Food Science*, 2019, 40(3): 238-244
- [15] 郭孝辉.采后钙处理对草莓和苦瓜品质及其生理的影响[D].保定:河北农业大学,2006
GUO Xiaohui. Effects of postharvest calcium treatment on the quality and physiology of strawberry and balsam pear [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2006
- [16] Winkler A, Knoche M. Calcium and the physiology of sweet cherries: a review [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 245: 107-115
- [17] Wang Y, Xie X, Long L E. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit [J]. *Food Chemistry*, 2014, 160(1): 22-30
- [18] Liu H, Chen F S, Lai S J. Effects of calcium treatment and low temperature storage on cell wall polysaccharide nanostructures and quality of postharvest apricot (*Prunus armeniaca*) [J]. *Food Chemistry*, 2017, 225(15): 87-97
- [19] Gayed A A N A, Shaawari S A M A, Elkhishen M A, et al. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of ‘early swelling’ peach during cold storage (Article) [J]. *Ciencia E Agrotecnologia*, 2017, 41(2): 220-231
- [20] 魏宝东,梁冰,张鹏,等.1-MCP 处理结合冰温贮藏对磨盘柿果实软化衰老的影响[J].食品科学,2014,35(10):236-240
WEI Baodong, LIANG Bing, ZHANG Peng, et al. Effect of 1-MCP treatment combined with controlled freezing point storage on fruit softening and senescent of Mopan persimmon [J]. *Food Science*, 2014, 35(10): 236-240
- [21] 李珍,王宁,邓冰,等.冰温结合臭氧对销地红提葡萄保鲜效果研究[J].核农学报,2016,30(2):275-281

- LI Zhen, WANG Ning, DENG Bing, et al. The study of ice-temperature combined with ozone on storage effect of red globe grapes in sales market [J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2016, 30(2): 275-281
- [22] 李亚玲,石玲,刘佳,等.不同出库方式对近冰温贮藏后杏果实货架期品质的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(10):141-146
- LI Yaling, SHI Ling, LIU Jia, et al. Effects of different out-store modes on shelf-life quality of apricot fruits after near freezing temperature storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(10): 141-146
- [23] 白国荣,郭敏瑞,卢娣,等.冰温贮藏对新疆吊干杏保鲜效果的影响[J].食品科学,2019,40(13):260-266
- BAI Guorong, GUO Minrui, LU Di, et al. Improved postharvest quality of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Diaogan) during storage at near-freezing temperature [J]. Food Science, 2019, 40(13): 260-266
- [24] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社出版,2007:22-115
- CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Physiological and Biochemical Experiment Guidance for Fruits and Vegetables after Harvest [M]. Beijing: Published by China Light Industry Press, 2007: 22-115
- [25] Li F J, Min D D, Song B C, et al. Ethylene effects on apple fruit cuticular wax composition and content during cold storage [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(17): 3661-3668
- [26] 刘帮迪,范新光,舒畅,等.长时间近冰点温度贮藏对杏果实货架品质的影响[J].食品科学,2020,41(1):223-230
- LIU Bangdi, FAN Xinguang, SHU Chang, et al. Effect of near freezing temperature storage on the shelf quality of apricots after long time cold storage [J]. Food Science, 2020, 41(1): 223-230
- [27] 梁庆沙,张东亚,冷平,等.生长期喷钙对冰温贮藏“早凤”桃果实货架期的影响[J].食品科技,2009,34(5):50-53,56
- LIANG Qingsha, ZHANG Dongya, LENG Ping, et al. Effect of calcium solution treating in growing period on shelf life of 'Zaofeng' [*Prunus perical* (L) Batsch] after ice temperature storage [J]. Food Technology, 2009, 34(5): 50-53, 56
- [28] Liu B D, Zhao H D, Fan X G, et al. Near freezing point temperature storage inhibits chilling injury and enhances the shelf life quality of apricots following long-time cold storage [J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2019, 43(7): 1-9
- [29] 梁庆沙,冷平,贺岩龙,等.冰温贮藏后“大久保”桃不同出库方式对果实细胞壁组分及相关酶活性的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(1):14-18
- LIANG Qingsha, LENG Ping, HE Yanlong, et al. Effect of different out-store tests after ice-temperature preservation in 'Okubao' peach (*Prunus persica* L. Batsch) on cell wall components and activities of related enzymes [J]. Journal of China Agricultural University, 2010, 15(1): 14-18
- [30] Irrum B B, Muhammad A A, Farah S, et al. Effect of calcium chloride application on quality characteristics and post harvest performance of loquat fruit during storage [J]. International Journal of Advanced Research, 2015, 3(1): 602-610
- [31] Cui K B, Zhao H D, Sun L N, et al. Impact of near freezing temperature storage on postharvest quality and antioxidant capacity of two apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars [J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(7): 12857

(上接第 280 页)

- [48] 周文化,郑仕宏,张建春,等.生鲜湿面的保鲜与品质变化关系研究[J].中国粮油学报,2007,22(1):19-22
- ZHOU Wenhua, ZHENG Shihong, ZHANG Jianchun, et al. Freshness maintenance of wet-fresh noodles and its influence to noodle quality [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2007, 22(1): 19-22
- [49] Crosbie G B. The relationship between starch swelling properties, paste viscosity, and noodle quality in wheat flours [J]. Journal of Cereal Science, 1991, 13(2): 145-150