

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.022901

引用格式: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.

## 不同出库方式对近冰温贮藏后杏果实货架期品质的影响

李亚玲<sup>1</sup>, 石玲<sup>1</sup>, 刘佳<sup>2</sup>, 李玲<sup>1</sup>, 马雪<sup>1</sup>, 朱璇<sup>1\*</sup>, 崔宽波<sup>2\*</sup>

1(新疆农业大学 食品科学与药学院, 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** 以新疆“小白杏”为实验试材,研究杏果实经近冰温( $-1 \sim -1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ )贮藏49 d后,以不同方式出库对果实货架期品质的影响。货架期期间每天测定果实生理指标及感官品质的变化。结果表明,与直接出库(CK)相比,低温冷链出库(A组)和缓慢升温出库(B组)可保持果实较高的硬度及可溶性固形物含量(soluble solid content, SSC),有效延缓可滴定酸(titratable acidity, TA)、抗坏血酸( $V_C$ )含量的降低及果实色泽的转变( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ),果实商品率和感官品质也保持较高水平;其中A组实验参数最佳,不仅货架寿命较CK和B组都有所延长,且在后期感官品质也显著高于B组。实验说明3组出库方式下,经低温冷链出库(A组)的杏果实在货架期间品质保持最佳。

**关键词** 杏果实;近冰温贮藏;出库方式;货架期;品质

## Effects of different out-store modes on shelf-life quality of apricot fruits after near freezing temperature storage

LI Yaling<sup>1</sup>, SHI Ling<sup>1</sup>, LIU Jia<sup>2</sup>, LI Ling<sup>1</sup>, MA Xue<sup>1</sup>, ZHU Xuan<sup>1\*</sup>, CUI Kuanbo<sup>2\*</sup>

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** Xinjiang “Xiaobai” Apricot fruits were used as experimental material, the effects of different out-store modes on the shelf-life quality of apricot fruits after 49 days of near freezing temperature storage were studied. Physiological indexes and sensory qualities of fruit were measured daily during shelf-life. Results showed that: compared with direct out-storage (CK), both low-temperature chain out-storage (A) and slow-temperature increasing out-storage (B) could maintain high fruit firmness and soluble solid content (SSC), and effectively delay the decrease of titratable acidity (TA), ascorbic acid ( $V_C$ ) content and fruit color change ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Besides, the fruit commodity rate and sensory evaluation also maintained a high level. Compared to group CK and B, A had better parameters of experiment. Specifically, the shelf-life under the experiment of A could be extended longer than CK and B, and the sensory evaluation was significantly higher than group B. The results illustrated that the quality during shelf-life of apricot fruits treated with low-temperature chain out-store (A) is the best among the three experimental groups.

**Key words** apricot fruit; near freezing temperature storage; out-store modes; shelf-life; quality

第一作者:硕士研究生(朱璇教授和崔宽波副研究员为共同通讯作者, E-mail:13999877961@126.com; 30877141@qq.com)

基金项目:国家自然科学基金项目(31860462);自治区公益性科研院所项目(KY2019029)

收稿日期:2019-11-27, 改回日期:2020-02-04

新疆是中国杏果的主要产地,多为6月至7月采收,品种多样,口感细腻多汁,具有较高的营养价值<sup>[1]</sup>。杏属于呼吸跃变型果实,采后生理代谢旺盛,常温下放置3~5 d易发生软化、失水,果肉褐变等现象,导致市场供应期较短,大大降低了杏果实的商品价值和食用价值<sup>[2]</sup>。

近冰温贮藏是指将果实置于生物结冰点以上、0℃以下的一种冷藏技术,也被称为是继冷藏、气调之后的第三代保鲜新技术<sup>[3-4]</sup>。近冰温贮藏与普通冷藏相比可最大程度抑制果蔬呼吸代谢作用,延缓采后后熟衰老进程,从而维持其贮藏品质,延长贮藏期<sup>[5]</sup>。近年来近冰温贮藏技术对樱桃<sup>[6]</sup>、油桃<sup>[7]</sup>、磨盘柿<sup>[8]</sup>、生菜<sup>[9]</sup>、小白杏<sup>[10]</sup>等的贮藏保鲜效果得以证实。杏属于冷敏型果实,在不适宜的温度下贮藏易发生冷害,虽已有研究表明,近冰温贮藏可有效控制杏<sup>[11-12]</sup>、猕猴桃<sup>[13]</sup>、蜜桃<sup>[14]</sup>等果实贮藏期间冷害的发生,但冷害症状往往在低温下表现不明显,只有被转移到室温下才易被发现<sup>[12]</sup>,而近冰温贮藏临近冰点,生理代谢极弱,若贮藏后出库方式不适,仍可能引起货架期冷害症状的出现,而遭受冷害的果实易受病菌感染引起腐烂变质,继而造成巨大损失,严重影响其品质及货架寿命。

目前,近冰温贮藏的研究主要针对贮藏期间果实品质的变化,而关于不同出库方式对近冰温贮藏后杏果实货架期品质的影响研究较少。因此,本实验以新疆吐鲁番小白杏为试验试材,采用近冰温贮藏(-1~-1.5℃)49 d后的杏果实以不同出库方式,对其货架品质进行研究,寻找最佳出库方式为延长杏果实市场供应期提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

小白杏于2019年6月6日采摘于新疆吐鲁番红柳河园艺场,选取成熟度、色泽、大小均匀一致、无损伤的果实;硬度为 $(10.3 \pm 0.1)$  kg/cm<sup>2</sup>,可溶性固形物为 $(15.6 \pm 0.2)$ %作为试材进行处理。

NaOH、临苯二甲酸氢钾、酚酞、草酸、抗坏血酸、2,6-二氯酚、NaHCO<sub>3</sub>等试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

SHB-III 循环水式多用真空泵,郑州长城科工贸有限公司;AL204-IC 电子分析天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;GB-4 果实硬度计,浙江艾德堡仪器有限公司;PAL-1 数字式糖度计折光仪,日本 Atago 公司;SC-10 精密色差仪,苏州欣美和仪器有限公司;Rc-4

温度记录仪,江苏精创电气股份有限公司。

### 1.3 果实处理方法

挑选分级后的杏果实放置在 $(5 \pm 1)$ ℃的环境下预冷24 h后贮藏于近冰温库(-1~-1.5℃),重复3组,每个重复3 kg,贮藏49 d后取出进行以下处理:

低温冷链出库(A组):将杏果实从近冰温库中取出后,放置于1~2℃冷库6 h后再转入4~6℃中6 h,最后放置于8~10℃环境中存放。

缓慢升温出库(B组):将近冰温库的杏果实取出放置于1~2℃冷库中6 h后转入4~6℃中6 h,随后放置8~10℃冷库中6 h,最后置于室温20~22℃下存放。

直接出库(CK组):将近冰温库中的杏果实取出后直接放置于室温20~22℃环境下存放。

货架期间每天取样测定各类指标变化。

### 1.4 指标测定

#### 1.4.1 硬度测定

采用GB-4果实硬度计测定果实硬度,探头直径为5 mm,沿果实赤道部位选取等距离2个位置进行测定,随机取15个果实,取平均值,单位为kg/cm<sup>2</sup>。

#### 1.4.2 可溶性固形物含量测定

随机选取20个杏果实,去核研磨匀浆,采用PAL-1数字式糖度计折光仪测定可溶性固形物含量,每组处理重复3次,取平均值,单位为%。

#### 1.4.3 可滴定酸含量测定

参考曹建康等<sup>[15]</sup>方法,采用酸碱滴定法测定可滴定酸(titratable acidity, TA)含量,以苹果酸折算系数0.067进行计算,单位为%。

#### 1.4.4 V<sub>C</sub>含量测定

利用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定V<sub>C</sub>含量,单位:mg/100g。

#### 1.4.5 果实表面色度测定

采用SC-10精密色差仪对杏果实表面颜色(L\*, a\*, b\*)测定。随机选取10个果实沿果实赤道每隔120°选取1点测定,每组重复3次,取平均值。

#### 1.4.6 感官评价

果实的滋味及质地是消费者在选择果实时衡量的重要指标,其次是果实色泽及香气。参考杨婷婷等<sup>[16]</sup>方法,稍加改动,感官品评小组成员由15名接受过专业感官培训的人员组成,分别从口感质地(40%)、外观褐变(30%)、香气异味(30%)三方面对杏果实进行品尝比较,总分为100分。使用10分结构化数值尺度来量化,从0到10表示感觉强烈程度逐渐增大。

表 1 杏果实感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard of apricot fruit

评定指标	描述	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

1.4.7 商品率

具有商品价值的杏果实标准<sup>[17]</sup>:腐烂面积 < 10%,褐变面积 < 20%,并具有杏果实特有的风味。商品率按公式(1)计算:

商品率/% = (有商品价值的总杏果 / 总杏果) × 100 (1)

1.5 数据分析

采用 Excel 2010、SPSS 20.0 软件对数据进行统计分析,利用 Duncan 多重比较进行差异显著性分析,作图采用 Origin 8.5 绘图软件。

2 结果与分析

2.1 不同出库方式对杏果实货架期硬度的影响

硬度是果实采后衰老的标志,也是货架期品质变化的重要指标。如图 1 所示,经 49 d 贮藏后,3 种不同出库方式中杏果实硬度均有明显降低,但 A 组硬度明显高于其他 2 组 ( $P < 0.01$ )。货架第 3 天时, B 组贮藏的杏果实硬度下降迅速,与 A 组差异极显著 ( $P < 0.01$ ),而 CK 组在第 5 天时果肉软化严重,已无法贮藏。货架第 10 天时 A 组杏果实硬度为 6.27 kg/cm<sup>2</sup>,分别比 B、CK 两组高 24.91%、47.02% ( $P < 0.01$ ),且货架期可延长至 10 d。说明 A 组出库方式能明显延缓杏果实硬度的降低。

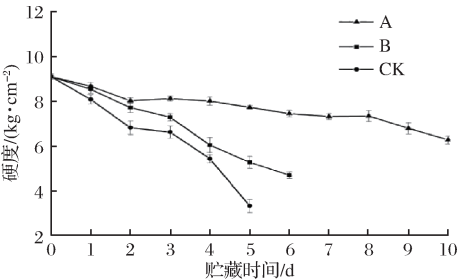


图 1 不同出库方式对杏果实硬度的影响  
Fig.1 Effect of different out-store tests on firmness of apricot fruits

2.2 不同出库方式对杏果实货架期 SSC 的影响

SSC 的高低将直接反映果实品质及风味。如图 2 所示,3 组出库方式中的杏果实 SSC 随果实的成熟呈上升的趋势。A 组中的杏果实在第 6 天时 SSC 达到高峰为 16.58%,比 B 组高 2.29% 差异显著 ( $P < 0.05$ )。B 组比 A 组提前 2 天达到高峰,随后下降,但与 CK 组相比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。表明 A、B 两组出库方式能延缓杏果实 SSC 的下降,其中 A 组在货架后期仍保持较高水平。

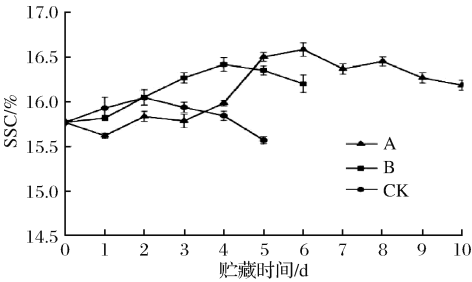


图 2 不同出库方式对杏果实货架期 SSC 的影响  
Fig.2 Effect of different out-store tests on SSC of apricot fruits

2.3 不同出库方式对杏果实货架期间 TA 含量的影响

如图 3 所示,TA 含量整体均呈下降趋势,但 A 组始终高于其他 2 组 ( $P < 0.05$ )。B 组在货架第 2 天时 TA 含量迅速下降,而 A 组下降相对缓慢。第 5 天时 TA 含量从高到低依次为 A (0.58%) > B (0.49%) > CK (0.41%),A 组比 CK 组高 30.53% ( $P < 0.01$ )。说明 A、B 两组出库方式可延缓 TA 含量的损失,其中 A 组效果最佳,可较好地保持杏果实的风味。

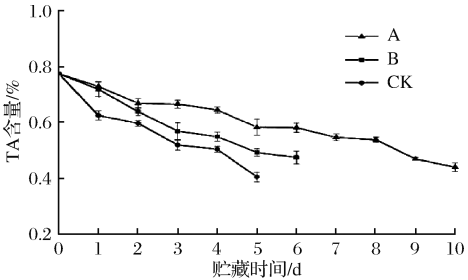


图 3 不同出库方式对杏果实货架期 TA 含量的影响  
Fig.3 Effect of different out-store tests on TA content of apricot fruits

2.4 不同出库方式对杏果实货架期 V<sub>C</sub> 含量的影响

抗坏血酸 (V<sub>C</sub>) 是果实中重要的营养物质,在贮藏期间极易氧化,其含量与果实品质有直接的关系<sup>[18]</sup>。如图 4 所示,货架期间杏果实 V<sub>C</sub> 含量均呈下

降趋势。货架第2天时,A、B两组中杏果实的 $V_c$ 含量差异并不显著( $P>0.05$ ),但随后B组快速下降,在第6天时 $V_c$ 含量降至 $1.91\text{ g/kg}$ ,比A组低 $50.84\%$ ( $P<0.01$ )。A组中 $V_c$ 含量下降较缓慢,货架第7天时分别比B组第6天和CK组第5天高 $20.81\%$ 、 $26.82\%$ ( $P<0.01$ ),表明A组出库方式可有效延缓杏果实 $V_c$ 含量的降低。

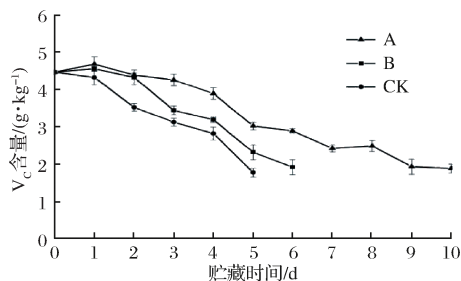
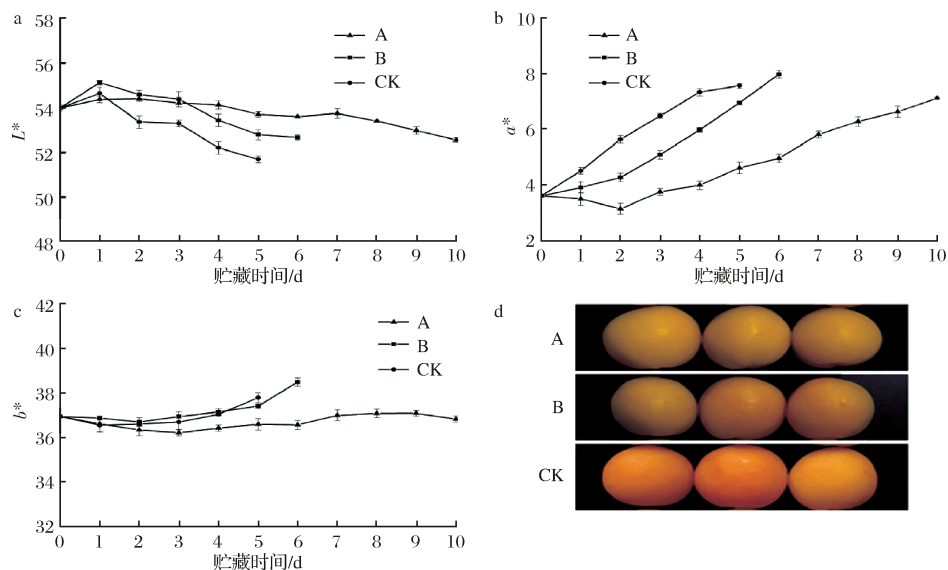


图4 不同出库方式对杏果实货架期 $V_c$ 含量的影响

Fig.4 Effect of different out-store tests on  $V_c$  content of apricot fruits



a - 不同出库方式杏果实 $L^*$ 值变化;b - 不同出库方式杏果实 $a^*$ 值变化;c - 不同出库方式杏果实 $b^*$ 值变化;  
d - 不同出库方式杏果实外观变化

图5 不同出库方式对杏果实货架期间 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值的影响

Fig.5 Effect of different out-store tests on  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  of apricot fruits

出库方式中,CK组的杏果实各项指标迅速下降,在第5天时就已失去食用价值,果肉软绵,酸甜味较淡且有熟味,接受程度低。货架前期A、B两组杏果实质地及外观差异并不显著( $P>0.05$ ),但在第4天时,B组杏果实质地出现软绵,果肉较黄等现象,而A组中的果实果肉紧致,酸甜适口、果皮鲜亮,只有香气

## 2.5 不同出库方式对杏果实货架期间 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值的影响

果皮色泽的变化是反映果实的成熟度及新鲜度,也是消费者在购买时衡量的重要指标。如图5所示,3组出库方式中均显示 $L^*$ 值逐渐下降, $a^*$ 和 $b^*$ 值持续上升,说明随货架的延长果实亮度逐渐降低,红色和黄色随之加深。但A组与B、CK两组相比,有效延缓了 $L^*$ 值的降低,减慢了 $a^*$ 、 $b^*$ 的上升( $P<0.01$ )。货架第5天时,A组中 $L^*$ 值和 $a^*$ 值分别为 $53.68$ 和 $4.61$ ,比CK中 $L^*$ 值高 $3.76\%$ ( $P<0.01$ ), $a^*$ 值低 $64.05\%$ ( $P<0.01$ );图5-d分别为A组货架第10天、B组第6天和CK第5天的外观图,由图5-d可见A组出库方式可有效延缓近冰温贮藏后杏果皮色泽的转变,保持较好的外观表象。

## 2.6 不同出库方式对杏果实货架期感官品质的影响

如表2所示,经49 d贮藏后,各组杏果实的酸甜味、外观及香气均随货架期的延长呈下降趋势。3组

在货架期间与B组差异并不显著( $P>0.05$ )。这可能是由于B组中杏果实此时已达到了成熟的阶段,风味质地、香气等都达到了最佳食用期,随后分解代谢旺盛,进入衰老过程。因此,相比之下A组出库方式中可较好地保持果实的品质及风味。

表2 不同出库方式对杏果实感官品质的影响

Table 2 Effect of different out-store modes on sensory quality of apricot fruit

评定指标	出库方式	货架时间/d										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
口感质地	A	7.81 ± 0.29 <sup>a</sup>	7.89 ± 0.39 <sup>ab</sup>	7.97 ± 0.17 <sup>b</sup>	7.97 ± 0.26 <sup>a</sup>	8.08 ± 0.17 <sup>a</sup>	8.19 ± 0.54 <sup>a</sup>	8.28 ± 0.43 <sup>a</sup>	7.78 ± 0.39	7.39 ± 0.29	6.81 ± 0.17	6.14 ± 0.56
	B	7.81 ± 0.29 <sup>a</sup>	8.39 ± 0.27 <sup>a</sup>	8.75 ± 0.51 <sup>a</sup>	8.22 ± 0.34 <sup>a</sup>	7.53 ± 0.26 <sup>ab</sup>	7.00 ± 0.22 <sup>b</sup>	6.78 ± 0.46 <sup>b</sup>				
	CK	7.81 ± 0.29 <sup>a</sup>	7.53 ± 0.34 <sup>b</sup>	7.81 ± 0.21 <sup>b</sup>	7.28 ± 0.21 <sup>b</sup>	6.89 ± 0.29 <sup>b</sup>	6.44 ± 0.04 <sup>b</sup>					
外观褐变	A	9.14 ± 0.42 <sup>a</sup>	9.10 ± 0.20 <sup>a</sup>	8.99 ± 0.29 <sup>a</sup>	8.66 ± 0.22 <sup>a</sup>	8.33 ± 0.19 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.53 <sup>a</sup>	7.81 ± 0.36 <sup>a</sup>	7.40 ± 0.36	6.99 ± 0.19	6.55 ± 0.11	6.07 ± 0.74
	B	9.14 ± 0.42 <sup>a</sup>	8.81 ± 0.36 <sup>a</sup>	8.62 ± 0.28 <sup>a</sup>	8.44 ± 0.44 <sup>a</sup>	7.62 ± 0.17 <sup>b</sup>	6.88 ± 0.19 <sup>b</sup>	6.22 ± 0.44 <sup>b</sup>				
	CK	9.14 ± 0.42 <sup>a</sup>	8.73 ± 0.45 <sup>a</sup>	8.10 ± 0.19 <sup>b</sup>	6.99 ± 0.33 <sup>b</sup>	6.11 ± 0.19 <sup>c</sup>	5.11 ± 0.39 <sup>c</sup>					
香气异味	A	7.59 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.47 ± 0.45 <sup>b</sup>	7.62 ± 0.36 <sup>b</sup>	7.51 ± 0.09 <sup>b</sup>	7.70 ± 0.31 <sup>a</sup>	7.55 ± 0.44 <sup>a</sup>	7.77 ± 0.40 <sup>a</sup>	7.33 ± 0.19	7.25 ± 0.56	6.55 ± 0.51	6.18 ± 0.20
	B	7.59 ± 0.28 <sup>a</sup>	8.62 ± 0.23 <sup>a</sup>	8.55 ± 0.56 <sup>a</sup>	8.18 ± 0.45 <sup>a</sup>	7.96 ± 0.09 <sup>a</sup>	7.40 ± 0.18 <sup>a</sup>	7.25 ± 0.42 <sup>a</sup>				
	CK	7.59 ± 0.28 <sup>a</sup>	7.47 ± 0.17 <sup>b</sup>	7.29 ± 0.17 <sup>b</sup>	7.10 ± 0.68 <sup>b</sup>	6.88 ± 0.39 <sup>b</sup>	6.07 ± 0.17 <sup>b</sup>					
总分	A	8.14 ± 0.25 <sup>a</sup>	8.13 ± 0.06 <sup>ab</sup>	8.18 ± 0.25 <sup>ab</sup>	8.09 ± 0.24 <sup>a</sup>	7.98 ± 0.19 <sup>a</sup>	7.90 ± 0.34 <sup>a</sup>	7.99 ± 0.20 <sup>a</sup>	7.53 ± 0.13	7.23 ± 0.06	6.66 ± 0.22	6.23 ± 0.22
	B	8.14 ± 0.25 <sup>a</sup>	8.73 ± 0.53 <sup>a</sup>	8.51 ± 0.33 <sup>a</sup>	8.21 ± 0.16 <sup>a</sup>	7.69 ± 0.43 <sup>a</sup>	7.10 ± 0.14 <sup>b</sup>	6.69 ± 0.37 <sup>b</sup>				
	CK	8.14 ± 0.25 <sup>a</sup>	7.88 ± 0.14 <sup>b</sup>	7.74 ± 0.08 <sup>b</sup>	7.14 ± 0.28 <sup>b</sup>	6.66 ± 0.10 <sup>b</sup>	5.93 ± 0.09 <sup>c</sup>					

注:图中标注的不同字母表示同列下  $P < 0.05$  水平存在显著性差异

## 2.7 不同出库方式对杏果实货架期商品率的影响

如图6所示,随货架期的延长杏果实商品率下降幅度各有不同。B、CK两组快速下降,分别在第6天和5天时商品率已降至88.33%和69.67%,而A组杏果实商品率始终高于与其他2组且差异显著( $P < 0.05$ )。货架第10天时,A组中杏果实商品率为90.67%,分别比B、CK两组高2.58%( $P > 0.05$ )和23.16%( $P < 0.01$ )。说明A、B两组出库方式可有效延缓货架期商品率的下降,其中A组货架寿命也有所延长。

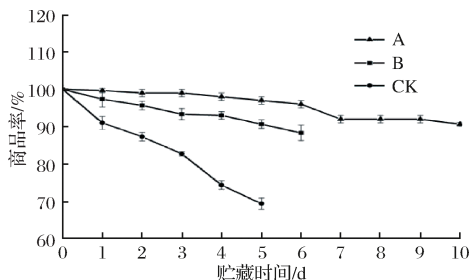


图6 不同出库方式对杏果实货架期商品率的影响

Fig.6 Effect of different out-store tests on commodity rate of apricot fruits

## 3 讨论

出库温度是决定果实货架期品质变化的因素之一,对实现经济价值至关重要。实验结果表明,与直接出库CK组相比,低温冷链出库A组和缓慢升温出库B组均能有效延缓杏果实货架期间硬度、 $V_c$ 、TA、SSC的下降。与缓慢升温出库B组相比,低温冷链出库A组可延长货架存放时间且保持较好地贮藏品质。在桃果实上<sup>[19]</sup>的研究也证实,冰温贮藏后的“太

久保”桃以低温冷链( $6 \sim 9^{\circ}\text{C}$ )方式出库后可较好的保持果实硬度及商品率,有效延长货架寿命。

低温贮藏可显著抑制采后果实代谢过程,延缓果实衰老,在一定贮藏时间内仍能保持较好的品质<sup>[20]</sup>。诸多研究也表明,杏果实低温( $0.5$ 、 $2$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ )冷藏状态下可维持较高的贮藏品质并有效降低腐烂率<sup>[21-23]</sup>。但有学者发现,低温贮藏的果实若出库方式不适在货架期果肉则会出现凝胶化、果实汁率降低、腐烂变质等现象,严重影响货架品质<sup>[24]</sup>。以上现象可能是由于货架环境与长期贮藏的低温环境温度差异较大,当果实直接从冷藏转移到室温时,通常表现出乙烯快速增加,加快果实的成熟,随后导致果实体内生理代谢紊乱<sup>[25]</sup>,说明出库方式将会严重影响果实货架品质及寿命。

本实验结果表明,直接出库CK组的杏果实从冰温环境下直接进入室温后表面出现水浸状、果肉凝胶化,果实大面积的腐烂;在货架第5天时果皮较黄无光泽、果肉无明显风味,口感较差。而低温冷链出库A组和缓慢升温出库B组的杏果实并未出现上述现象,且商品率也维持较高水平,说明2种出库方式可使杏果实从近冰温环境下缓慢苏醒,使其生理代谢过程具有缓冲阶段从而适应货架环境保持较高的货架品质;而低温冷链出库A组相较于缓慢升温出库B组可更有效地延缓果实表面及果肉色泽的转变,且在货架第9天时果肉质滋味仍保持在较好水平;这是由于低温冷链出库A组是以缓慢升温的方式出库,且出库后货架温度始终处于适宜的低温环境,因此货架品质明显优于缓慢升温出库B组。付坦等<sup>[26]</sup>的研究也表明,低温冷链出库能增强冬枣对环境的适应

力,其感官品评也显著优于直接出库。在对西兰花<sup>[27]</sup>、蓝莓<sup>[28]</sup>、樱桃<sup>[29]</sup>等研究上均表明低温冷链出库可较好地保持果实的货架期品质。因此,近冰温贮藏后正确的出库方式对保持果实货架期品质具有重要作用。

综上所述,低温冷链出库 A 组与缓慢升温出库 B 组、直接出库 CK 组相比可有效延缓杏果实硬度、商品率、 $V_c$ 、TA、可溶性形物含量的降低及果实表面色泽的转变,显著延长货架寿命并保持较好的感官品质。

## 参 考 文 献

- [1] 赵亚婷,刘豆豆,朱璇,等. 采前壳寡糖处理对杏果实黑斑病的抗性诱导[J]. 西北植物学报, 2015, 35(7): 1 409-1 414.
- [2] 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: 1-3.
- [3] 高庆超,常应九,王树林. 冰温贮藏技术在食品保藏中的应用[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(6): 59-63.
- [4] 刘倍毓,邓利玲,胡小芳,等. 冰温技术在果蔬贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(12): 109-112.
- [5] 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进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(18): 270-276.
- [6] ZHAO Haidong, LIU Bangdi, ZHANG Wanli, et al. Enhancement of quality and antioxidant metabolism of sweet cherry fruit by near-freezing temperature storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 147: 113-122.
- [7] FAN Xinguang, XI Yu, ZHAO Handong, 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.
- [8] 李江阔,张鹏,寇文丽,等. 1-MCP 和真空包装对冰温贮藏磨盘柿品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(7): 201-205.
- [9] 唐坚,马丽,王凯晨,等. 冰温贮藏对生菜抗氧化能力及贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 255-259.
- [10] 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): 247-253.
- [11] LIU Bangdi, ZHAO Handong, FAN Xinguang, 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 and Preservation, 2019, 43(7): e13 958.
- [12] 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.
- [13] 尚海涛,邵海燕,朱麟,等. 动态冰温对红阳猕猴桃冷害与贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(1): 7-15.
- [14] 朱麟,凌建刚,尚海涛,等. 冰温对湖景蜜露桃贮藏品质影响[J]. 食品与机械, 2016 (12): 115-118.
- [15] 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, 2007.
- [16] 杨婷婷,舒臻,陈恺,等. 不同成熟度“赛买提”杏果贮藏期间风味品质的变化[J]. 食品工业科技, 2016, 35(9): 311-316.
- [17] 杨婷婷,朱璇,向玉洁,等. 采收成熟度对杏果实贮藏品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(7): 277-282.
- [18] 颜廷才,秦骅,张鹏,等. 1-MCP 结合  $\xi$ -聚赖氨酸对贮藏后货架富士苹果的品质及挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 207-214.
- [19] 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.
- [20] 陈京京,金鹏,李会会,等. 低温贮藏对桃果实冷害和能量水平的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 275-281.
- [21] 胡花丽,李鹏霞,梁丽松,等. 不同贮藏温度及成熟度对杏果实品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(1): 182-185.
- [22] 马琳,张雄峰,许丽敏,等. 不同贮藏温度对杏梅贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 337-340.
- [23] LIU Hui, CHEN Fusheng, LAI Shaojuan, et al. 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: 87-97.
- [24] STANLEY J, PRAKASH R, MARSHALL R, et al. Effect of harvest maturity and cold storage on correlations between fruit properties during ripening of apricot (*Prunus armeniaca*) [J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 82(82): 39-50.
- [25] KAN Juan, CHE Jing, XIE Haiyan, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on postharvest physiological changes of 'Zaohong' plum [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2011, 33(5): 1 669-1 677.
- [26] 付坦,鲁晓翔,李江阔,等. 阶段升温出库方式对冬枣品质的影响[J]. 食品科技, 2012, 37(12): 24-28.
- [27] 林本芳,鲁晓翔,李江阔,等. 不同出库方式对西兰花货架期品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 378-381.
- [28] 薛璐,于继男,鲁晓翔,等. 出库方式对冰温贮藏蓝莓货架期品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 328-340.
- [29] 刘璐,鲁晓翔,陈绍慧,等. 冰温贮藏后不同出库方式对樱桃货架期品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(11): 236-241.