

保鲜纸处理改善采后火龙果的贮藏品质

巴良杰¹, 曹森¹, 吉宁¹, 王瑞¹, 肖密², 罗冬兰²

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州贵阳 550005) (2. 贵阳学院生物与环境工程学院, 贵州贵阳 550005)

摘要:以红心火龙果为试材,在(20±0.5)℃贮藏条件下,采用800 mg/L 纳他霉素和800 mg/L ε-聚赖氨酸制成的保鲜纸处理,以蒸馏水制成的保鲜纸作为对照。研究纳他霉素和ε-聚赖氨酸保鲜纸处理对火龙果采后贮藏品质的影响。结果表明,与对照组相比,纳他霉素和ε-聚赖氨酸保鲜纸处理均能较好地降低采后火龙果贮藏期的呼吸强度,抑制果实腐烂率、失重率、丙二醛、霉菌及酵母菌和鳞片黄化率的增加,保持果实可溶性固性物、可滴定酸、Vc、甜菜素和鳞片叶绿素的含量。在贮藏末期8 d,纳他霉素保鲜纸处理组的腐烂率为8.30%,失重率为1.50%,丙二醛为4.30 μmol/g,均低于ε-聚赖氨酸保鲜纸处理组;Vc含量为15.53 mg/100 g,甜菜素含量为14.47 mg/100 g,均高于ε-聚赖氨酸保鲜纸处理组。因此,纳他霉素保鲜纸处理组的保鲜效果好于ε-聚赖氨酸保鲜纸处理。综上所述,纳他霉素保鲜纸可以有效地保持火龙果贮藏品质,延长其货架期。

关键词:火龙果; 纳他霉素; ε-聚赖氨酸; 保鲜纸; 贮藏; 品质

文章编号: 1673-9078(2020)10-133-139

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.10.0285

Preservative Paper Improves the Storage Quality of Harvested Pitaya

BA Liang-jie¹, CAO Sen¹, JI Ning¹, WANG Rui¹, XIAO Mi², LUO Dong-lan²

(1. Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

(2. College of Biology and Engineering of Environment, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

Abstract: The red flesh pitaya was taken as the experimental material, which was treated with 800 mg/L natamycin and 800 mg/L ε-polylysine preservative paper and distilled water (as control), then they were stored at temperature (20±0.5) °C. The effect of natamycin and ε-polylysine preservative paper on the quality of pitaya during postharvest storage was investigated. The results showed that, compared with the control group, natamycin and ε-poly-L-lysine preservative paper could reduce the respiratory intensity of Pitaya during storage, inhibit the increase of decay rate, weight loss rate, malondialdehyde, mold, yeast and scale yellowing rate, and maintain the contents of soluble solids, titratable acid, Vc, betaine and scale chlorophyll. At the end of the 8 th day of storage, the decay ratio of the natamycin preservative paper treatment group was 8.30%, the weight loss ratio was 1.50%, and the malonaldehyde was 4.30 μmol/g, which were all lower than those of the ε-polylysine preservative paper treatment group. The content of vitamin C was 15.53 mg/100 g, and the content of betacyanin was 14.47 mg/100 g, which were higher than those of the ε-polylysine preservative paper treatment group. Therefore, the preservation effect of the natamycin preservative paper treatment group was better than that of the ε-polylysine preservative paper treatment. In conclusion, the natamycin preservative paper can effectively maintain the storage quality of Pitaya and prolong its shelf life.

Key words: pitaya; natamycin; ε-polylysine; preservative paper; storage; quality

引文格式:

巴良杰,曹森,吉宁,等.保鲜纸处理改善采后火龙果的贮藏品质[J].现代食品科技,2020,36(10):133-139

BA Liang-jie, CAO Sen, JI Ning, et al. Preservative paper improves the storage quality of harvested pitaya [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(10): 133-139

火龙果(*Hylocereus undatus*)属于热带、亚热带水果,是仙人掌科植物,原产中美洲,在亚洲是一种新

收稿日期: 2020-03-28

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目(31801604); 贵州省科技计划项目(黔科合基础[2020]1Y140); 贵阳学院科研资金资助[GYU-KY-(2020)]

作者简介: 巴良杰(1988-),男,副教授,研究方向:农产品贮藏保鲜

通讯作者: 罗冬兰(1991-),女,讲师,研究方向:食品贮藏保鲜

兴的水果^[1,2]。截止2019年底,中国火龙果种植面积约有60万亩左右,年产值可达2.0~2.5万元/亩左右,由于它价格优势明显,果实口感较好,所以是一种市场潜力巨大且经济效益好的新型水果,尤其对于贵州、广西等山区,已经成为当地农民脱贫致富重要的经济作物。火龙果含量丰富的甜菜花青素、维生素、酚类、黄酮、膳食纤维和三萜类化合物等物质^[3,4],具有抗氧化、清除体内自由基、抗肿瘤,可以降低人体心血管

疾病,具有很高的营养价值,深受广大消费者喜爱^[5-7]。但是,火龙果多成熟于高温多雨季节,采后呼吸作用强,常温下极易失水、萎蔫、腐烂,严重影响火龙果产业的发展^[8]。近年来,国内外关于火龙果保鲜技术主要有:低温贮藏^[9,10]、X-射线^[11]、热处理^[12]和采后激素处理^[13]等,但是火龙果种植区多为农村和偏僻山区,上述保鲜技术需要很高的经济成本。因此,急需研究操作简单、成本低的火龙果采后保鲜技术。

纳他霉素(Natamycin),是一种无色无味的抗真菌剂,具有理化性质稳定,且有不致癌、不致突等特性^[14],且已经在葡萄^[15]、核桃^[16]等果蔬上得到较好的应用; ϵ -聚赖氨酸(ϵ -polylysine)是一种有抑菌效果的多肽物质,具有较高的热稳定性,对人体安全性高^[17],已经在葡萄^[15]、樱桃^[18]等果蔬保鲜研究上应用。目前,果蔬保鲜方法多为采前喷洒和采后浸泡处理,但大规模采前喷洒会出现不均匀、人工成本较高;而采后浸泡容易浪费药剂、残留、果实表面不易风干等问题。因此,本实验采取将纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸制成生物保鲜纸来研究李子的保鲜效果。研究表明,保鲜纸可以有效地延长葡萄采后贮藏期,延缓果实衰老^[15],但是利用保鲜纸对火龙果采后保鲜的研究,尚未见相关报道。因此,通过探究两种不同保鲜纸对火龙果贮藏品质的影响,以期对火龙果贮藏期的延长及果实品质的保持,提供高效、成本低的保鲜技术,从而为火龙果产业的发展提供新的理论依据及技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

试验材料采自贵州省安顺市关岭县花江镇莲花村火龙果(“紫红龙”)种植基地,采后立刻运到实验室,筛选无机械伤、病虫害、果实颜色和大小一致的火龙果进行试验处理。纳他霉素(有效成分含量50%)、 ϵ -聚赖氨酸(有效成分含量 $\geq 98\%$),浙江新银象生物工程有限公司;保鲜纸:国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);PE 20 μm 保鲜袋:国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)。

质构仪:TA.XT.Plus型,英国SMS公司;气相色谱仪:GC-14型,日本Shimadzu公司;紫外分光光度计:UV-2550型,日本Shimadzu公司;便携式残氧仪:Check Piont II型,丹麦Dansensor公司;迷你数显折射计:PAL-1型,日本ATAGO公司;台式高速冷冻离心机:TGL-16A型,长沙平凡仪器仪表有限公司。

1.2 试验方法

将挑选过的火龙果于 $(20\pm 0.5)^\circ\text{C}$ 的保鲜柜内预冷12 h。将保鲜纸裁剪成 $30\text{ cm}\times 30\text{ cm}$,用于实验。经过前期实验研究,筛选出纳他霉素和 ϵ -聚赖氨酸的最佳浓度均为800 mg/L,故将保鲜纸(裁剪成 $30\text{ cm}\times 30\text{ cm}$)在蒸馏水、800 mg/L的纳他霉素溶液、800 mg/L的 ϵ -聚赖氨酸溶液中浸泡5 min后,拿出来自然晾干。预冷结束后,将火龙果装于PE20 μm 保鲜袋中(每袋约重2.5 kg),随机分3个处理组:(1)第一组保鲜袋中装入浸泡蒸馏水的保鲜纸,记作CK;(2)第二组保鲜袋中装入浸泡的纳他霉素溶液保鲜纸,记作Nata;(3)第三组保鲜袋中装入浸泡的 ϵ -聚赖氨酸溶液保鲜纸,记作 ϵ -PL。将保鲜袋扎口,于 $(20\pm 0.5)^\circ\text{C}$ 条件下贮藏,每2 d对三组火龙果分别进行取样、观察及指标测定,贮藏周期为8 d。

1.3 试验测定方法

火龙果鳞片黄化率:采用计数法,每次统计火龙果鳞片发生黄化的个数占总鳞片个数的百分比。火龙果鳞片叶绿素含量:参见文献^[19]。呼吸强度:采用静置法测定^[13]。腐烂率:采用计数法^[20]。失重率:采用称重法。可溶性固形物:采用手持折光仪测定^[21]。可滴定酸含量:采用酸碱滴定法。维生素C含量(Vc):采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[21]。丙二醛含量:采用分光光度计法。甜菜素含量:参见文献^[22]。霉菌及酵母菌总数:参见文献^[23]。

1.4 数据处理与作图

数据结果采用Excel 2007软件进行统计处理,差异显著分析采用SPSS 19.0软件,作图采用Excel 2007软件。

2 结果与分析

2.1 保鲜纸对火龙果果实衰老情况的影响

如图1所示,火龙果在 20°C 条件下贮藏至第8 d时,CK组的火龙果鳞片已经几乎全部黄化、萎蔫,并有部分果皮表面出现腐烂,已经严重失去商品价值;Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组火龙果鳞片仅少部分出现黄化、萎蔫,果皮表面均未出现腐烂,保持较好地商品价值。由上可知,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理可以有效地延缓火龙果贮藏期鳞片的黄化、萎蔫以及果实的

腐烂,较好地保持了贮藏期果实商品品质。

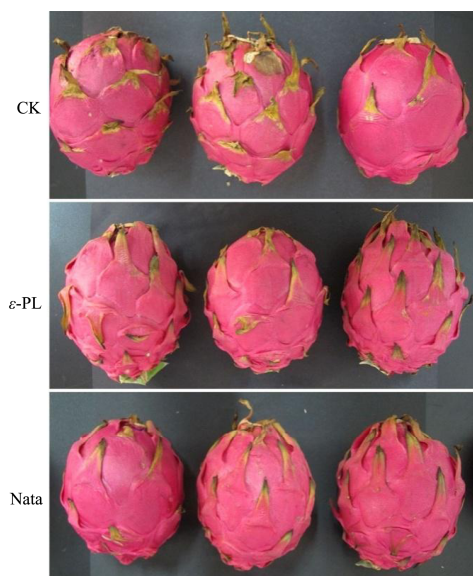


图1 保鲜纸对火龙果果实衰老情况的影响(20 °C条件下8 d)

Fig.1 Effect of preservative paper on senescence of pitaya fruit (storage 8 d at 20 °C)

2.2 保鲜纸对火龙果鳞片黄化率和叶绿素含量的影响

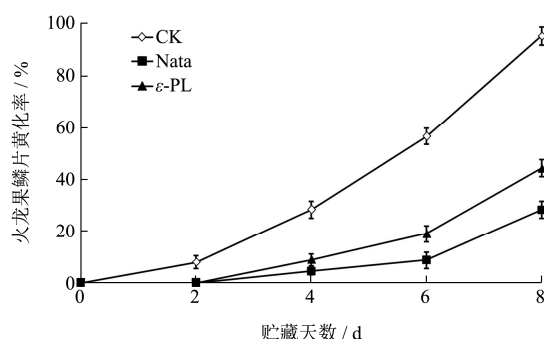


图2 保鲜纸对火龙果贮藏期鳞片黄化率的影响

Fig.2 Effect of preservative paper on scales etiolation ratio of pitaya fruit

火龙果在常温下贮藏,鳞片3 d就会出现黄化、萎蔫,严重影响火龙果的感官品质,降低消费者的购买欲望,因此,研究火龙果贮藏期鳞片的衰老变化情况是非常有意义的^[8]。如图2所示,在火龙果贮藏过程中,火龙果鳞片的黄化率逐渐上升。在贮藏期0~2 d,CK组的鳞片黄化率缓慢增加,Nata和ε-PL保鲜纸处理组未发生鳞片黄化现象。在贮藏期4~8 d,CK组的鳞片黄化率迅速增加,且显著性高于Nata和ε-PL保鲜纸处理组($p<0.05$)。在贮藏期8 d,CK组的鳞片黄化率已达95.43%,火龙果鳞片大部分发生黄化,加速了果实衰老;Nata和ε-PL保鲜纸处理组的鳞片黄化率分别比CK组降低了70.45%、53.58%。综上,Nata

和ε-PL保鲜纸处理有效地抑制了火龙果贮藏期鳞片黄化率的增加,延缓了果实的衰老,其中Nata保鲜纸处理效果最好。

火龙果的鳞片随着贮藏期的延长,鳞片会发生黄化、萎蔫,并伴随叶绿素的降解。因此,通过测定火龙果贮藏期鳞片叶绿素含量的变化情况,可以推测鳞片的衰老情况,为火龙果的采后衰老研究提供依据。如图3所示,火龙果鳞片叶绿素的含量在整个贮藏过程中呈逐渐下降的趋势。在贮藏期2 d,CK组的叶绿素含量从初始的43.83 mg/100 g下降到36.26 mg/100 g,而Nata和ε-PL保鲜纸处理组的叶绿素含量无明显变化。在贮藏期6 d,CK组、Nata和ε-PL保鲜纸处理组的叶绿素含量分别为11.70 mg/100 g、31.47 mg/100 g和26.03 mg/100 g,各处理组之间差异显著($p<0.05$)。在贮藏8 d,CK组的叶绿素含量下降至1.66 mg/100 g,此时,鳞片大部分已经黄化、萎蔫、腐烂;Nata和ε-PL保鲜纸处理组的叶绿素含量分别是CK组的14.14倍、9.84倍。上述研究表明,Nata和ε-PL保鲜纸处理组可以有效地延缓贮藏过程中火龙果鳞片叶绿素含量的降解,且Nata保鲜纸效果最佳。

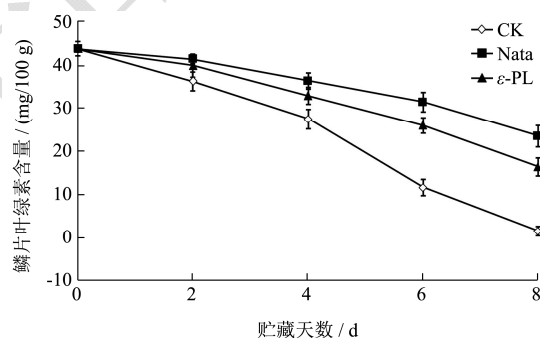


图3 保鲜纸对火龙果贮藏期鳞片叶绿素含量的影响

Fig.3 Effect of preservative paper on scales chlorophyll content of pitaya fruit

2.3 保鲜纸对火龙果呼吸强度的影响

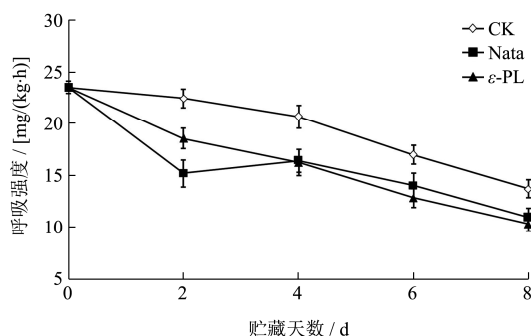


图4 保鲜纸对火龙果贮藏期呼吸强度的影响

Fig.4 Effect of preservative paper on respiratory intensity of pitaya fruit

呼吸代谢是果蔬采后贮藏过程中进行的重要生理活动,呼吸速率的大小直接影响期贮藏期的长短,呼吸速率越高,消耗果蔬自身的有机物就越多,贮藏期就越短^[21]。因此,呼吸强度可以作为衡量果蔬耐贮性的重要指标之一^[8]。如图4所示,在整个贮藏期,CK组的火龙果呼吸强度呈现逐渐降低的趋势。Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组的呼吸强度与CK组的变化趋势基本一致,呈现总体降低的趋势。但是,在贮藏期2~8 d, Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组的呼吸强度始终维持较低水平,且显著性小于CK组($p<0.05$)。在贮藏期8 d, CK、Nata和 ϵ -PL处理组的呼吸强度分别为:13.70 mg/(kg·h)、10.97 mg/(kg·h)和10.30 mg/(kg·h)。由此可知,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理可以显著地降低火龙果贮藏期呼吸强度,延长果实贮藏期。王海莉^[24]等在番茄保鲜上的研究结果也证实了保鲜纸可以有效降低果实的呼吸强度。

2.4 保鲜纸对火龙果腐烂率的影响

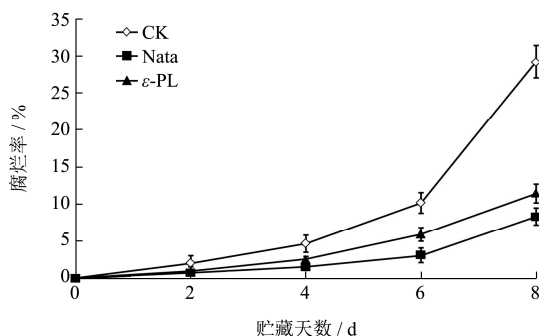


图5 保鲜纸对火龙果贮藏期腐烂率的影响

Fig.5 Effect of preservative paper on decay ratio of pitaya fruit

果实腐烂率是衡量保鲜效果的重要指标。如图5所示,随着贮藏期的延长,三个处理组的腐烂率逐渐增加。在贮藏末期8 d, CK组的腐烂率已增加到29.26%,已经严重失去商品销售价值;Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组的腐烂率分别增加到8.30%、11.47%,三个处理组之间差异显著($p<0.05$)。由此可知,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理可以有效地降低火龙果贮藏期腐烂率的增加,较好地保持贮藏期果实的商品品质,且Nata保鲜纸处理效果要好于 ϵ -PL保鲜纸处理。在葡萄上研究也进一步证实了,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理可以有效地抑制果实腐烂率的增加^[15]。

2.5 保鲜纸对火龙果失重率的影响

失重率是衡量火龙果保鲜效果的重要指标之一,采后火龙果贮藏期失重主要与蒸腾作用和呼吸代谢所消耗的水以及有机物有关^[8]。从图6可以得出,随着贮藏期的延长,火龙果的失重率逐渐增加。在贮藏期

2 d的时候,三个处理组之间差异不显著($p>0.05$)。在贮藏期6 d的时候,CK组的失重率已增加至1.36%,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组的失重率相同,仅为CK组的58.53%。在贮藏末期8 d,CK组的失重率已增加至2.73%,而Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组的失重率与CK组相比分别降低了54.87%、36.58%。综上,Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理能明显地降低采后火龙果贮藏期失重率的增加,较好地保持了果实的商品品质,且Nata保鲜纸处理效果好于 ϵ -PL,这与保鲜纸可以明显延缓番茄果实失重率的增加相一致^[23]。

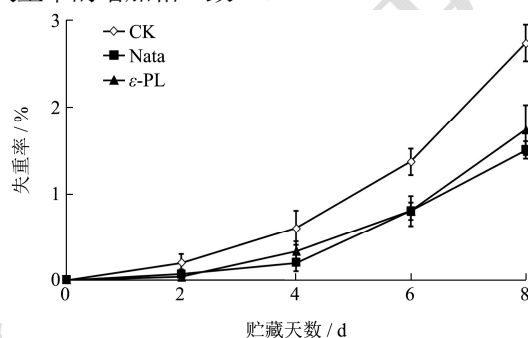


图6 保鲜纸对火龙果贮藏期失重率的影响

Fig.6 Effect of preservative paper on weight loss ratio of pitaya fruit

2.6 保鲜纸对火龙果丙二醛含量的影响

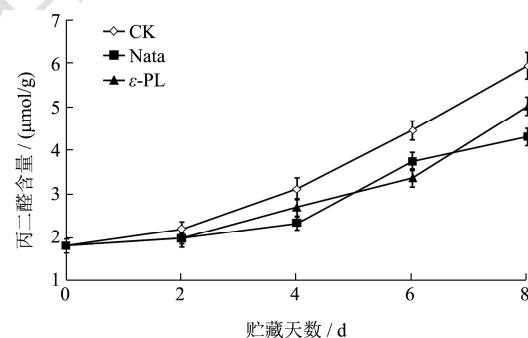


图7 保鲜纸对火龙果贮藏期丙二醛含量的影响

Fig.7 Effect of preservative paper on malondialdehyde content of pitaya fruit

采后果蔬在遭受逆境胁迫时,组织细胞会产生羟基自由基、超氧阴离子,会引发细胞膜脂过氧化反应,导致膜透性显著增加,从而加速细胞损伤^[10]。丙二醛与果蔬细胞膜的结构完整性密切相关,是过氧化反应的主要产物,丙二醛含量增加,表示膜脂过氧化程度增加,细胞结构遭到破坏,果蔬衰老速度加快^[21]。从图7可以看出,在火龙果整个贮藏过程中,三个处理组的丙二醛含量逐渐积累增加。在贮藏期2 d,CK组的丙二醛含量缓慢增加,与Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组无显著性差异($p>0.05$)。在贮藏后期6~8 d,CK组的丙二醛含量显著性高于Nata和 ϵ -PL保鲜纸处理组

($p<0.05$)。在贮藏期 8 d 的时候, CK 组的丙二醛含量积累增加至 $5.92 \mu\text{mol/g}$, 分别比 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组增加了 27.32%、15.49%。由此可见, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理均能有效抑制采后火龙果贮藏期丙二醛含量的积累增加, 减少火龙果在贮藏过程中膜脂质氧化程度, 延缓果实的衰老进程。

2.7 保鲜纸对火龙果可溶性固形物含量的影响

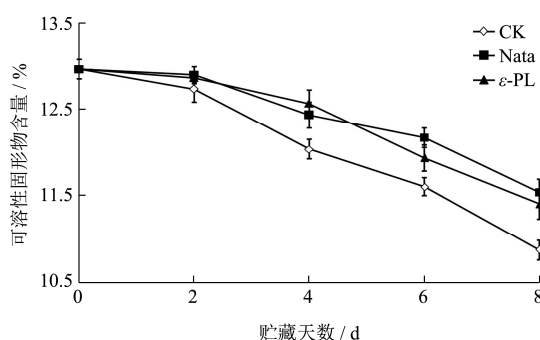


图 8 保鲜纸对火龙果贮藏期可溶性固形物含量的影响

Fig.8 Effect of preservative paper on total soluble solids content of pitaya fruit

可溶性固形物含量是衡量果蔬采后贮藏过程中贮藏品质的重要指标之一。火龙果贮藏过程中可溶性固形物含量的变化规律如图 8 所示。在整个贮藏期内, 火龙果可溶性固形物含量总体呈现下降趋势。在贮藏期 0~2 d, CK 组的可溶性固形物含量缓慢下降, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组无明显变化。在贮藏期 4~8 d, 三个处理组的可溶性固形物含量均呈现迅速降低趋势, 但是 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可溶性固形物含量显著性高于 CK 组 ($p<0.05$)。在贮藏末期 8 d, CK 组、Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可溶性固形物含量分别为: 10.86%、11.53%、11.40%。由此可见, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理有效延缓了火龙果贮藏期可溶性固形物含量的下降, 能较好地保持火龙果贮藏期的营养品质。Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理对减少葡萄^[15]贮藏期可溶性固形物含量的损失同样有效。

2.8 保鲜纸对火龙果可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量直接影响果实的风味品质。如图 9 所示, 在火龙果的整个贮藏期, 可滴定酸含量呈总体下降的趋势, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可滴定酸含量下降速率小于 CK 组, 说明两个保鲜纸处理组可以有效抑制贮藏期果实可滴定酸含量的下降。贮藏末期 8 d, CK 组、Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组的可滴定酸含量分别为: 0.53%、0.69%、0.63%, 与初始值相

比, 分别下降了 42.81%、25.89%、32.37%。上述结果表明, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组可以较好地保持火龙果贮藏期可滴定酸含量, 其中 Nata 保鲜纸处理组的效果最为显著 ($p<0.05$), 这与 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理在葡萄上的应用结果相一致^[15]。

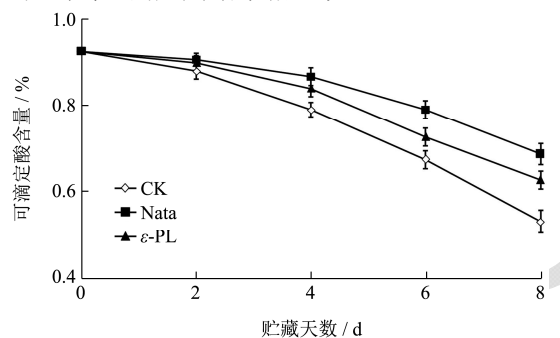


图 9 保鲜纸对火龙果贮藏期可滴定酸含量的影响

Fig.9 Effect of preservative paper on titratable acid content of pitaya fruit

2.9 保鲜纸对火龙果 Vc 含量的影响

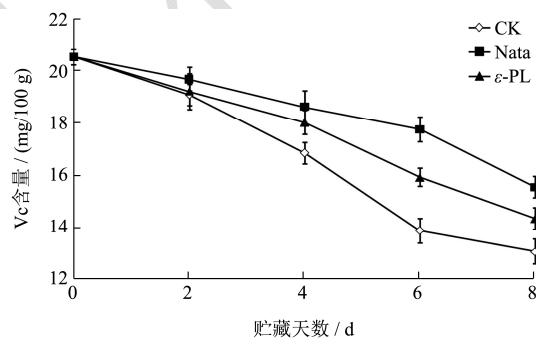


图 10 保鲜纸对火龙果贮藏期 Vc 含量的影响

Fig.10 Effect of preservative paper on Vc content of pitaya fruit

贮藏期果蔬 Vc 含量是评价果蔬贮藏品质的重要指标之一, 火龙果含有丰富的 Vc 物质, 但是随着贮藏的延长, 由于自身的代谢消耗, 导致 Vc 含量逐渐降低, 因此, 在贮藏过程中有效地保持 Vc 含量也是非常重要的^[8,19]。如图 10 所示, 火龙果 Vc 含量呈总体下降的趋势。在贮藏期 0~2 d, 三个处理组的 Vc 含量都呈缓慢下降趋势, 处理组之间差异不显著 ($p>0.05$)。在贮藏期 4~8 d, CK 组的 Vc 含量迅速下降, 且 Vc 含量显著低于 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理 ($p<0.05$)。在贮藏末期 8 d, CK 组的 Vc 含量已经降至 13.06 mg/100 g , Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组 Vc 含量分别比 CK 组提高了 18.87%和 9.69%。综上所述, Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理组可以较好地延缓火龙果贮藏期 Vc 含量的下降, 且 Nata 的效果好于 ϵ -PL。该结果与 Nata 和 ϵ -PL 保鲜纸处理对葡萄 Vc 含量的影响一致, 保鲜纸可以有效地保持葡萄贮藏期果实的 Vc 含量^[15]。

2.10 保鲜纸对火龙果甜菜素的影响

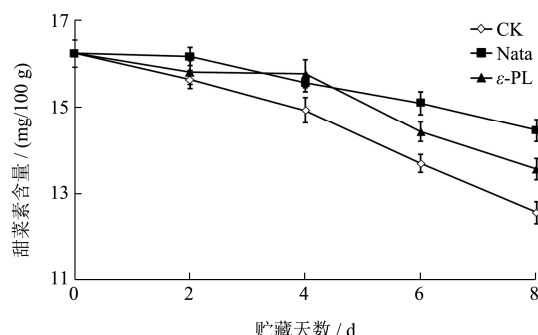


图 11 保鲜纸对火龙果贮藏期甜菜素含量的影响

Fig.11 Effect of preservative paper on betacyanin content of pitaya fruit

火龙果果实含有丰富的甜菜素物质,不仅可以作为食品着色剂,还可以用于抗氧化、清除自由基及抑菌作用^[4]。但随着采后贮藏期的延长,火龙果的甜菜素不断被代谢分解,所以研究如何有效地保持火龙果贮藏期甜菜素的含量是非常有必要的。从图 11 可以得出,在整个贮藏期,火龙果的甜菜素含量逐渐降低。在贮藏 0~4 d, CK 组的甜菜素含量呈缓慢下降趋势, Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组无显著性变化 ($p>0.05$)。在贮藏后期 4~8 d, CK 组甜菜素含量迅速下降,且 CK 组甜菜素含量显著性小于 Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组 ($p<0.05$)。在贮藏末期 8 d, CK 组、Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组的甜菜素含量分别 12.56 mg/100 g、14.47 mg/100 g、13.56 mg/100 g,三个处理组之间差异显著 ($p<0.05$)。由此可知, Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理可以明显地保持火龙果贮藏期甜菜素含量,较好地保持果实的营养品质,且 Nata 的效果好于 ε-PL。

2.11 保鲜纸对火龙果抑菌效果的影响

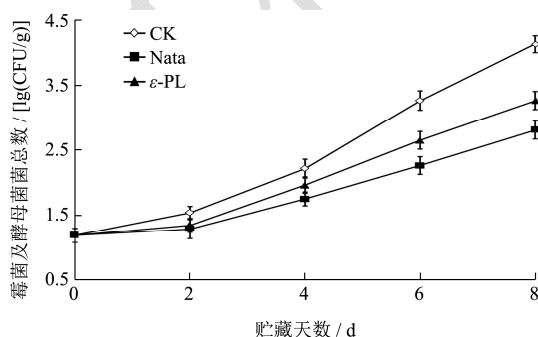


图 12 保鲜纸对火龙果贮藏期霉菌及酵母菌总数的影响

Fig.12 Effect of preservative paper on mould and yeast colonts of pitaya fruit

如图 12 所示,随着火龙果贮藏期的延长,火龙果霉菌及酵母菌总数逐渐增加,且在贮藏末期 8 d 达到最大值。在贮藏期 8 d, CK 组的霉菌及酵母菌总

数从初始的 1.19 lg(CFU/g)增加到 4.13 lg(CFU/g)。Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理组的霉菌及酵母菌总数分别为 2.80 lg(CFU/g)、3.26 lg(CFU/g),与 CK 组相比,分别有效地降低了 32.09%、21.13%。由此可知, Nata 和 ε-PL 保鲜纸处理可以较好地抑制火龙果贮藏期霉菌及酵母菌的生长,达到明显的抑菌效果,主要是因为它们通过与霉菌及酵母菌细胞膜里的胆固醇结合形成复杂的复合物,进而改变原有的细胞渗透性,从而抑制和杀灭病菌。姜爱丽^[25]等在草莓上的研究也进一步证实,纳他霉素处理可以有效抑制贮藏期果实霉菌数量的增加,降低贮藏期果实的腐烂率。

3 结论

保鲜纸是采后果蔬保鲜的重要发展方向,纳他霉素和 ε-聚赖氨酸作为生物保鲜剂,具有高效、无毒的优点,已经在果蔬保鲜上得到应用^[15-18]。保鲜纸可能通过纳他霉素和 ε-聚赖氨酸的作用干扰病原菌细胞膜的渗透性,破坏其细胞结构,从而抑制果蔬腐生性、侵染性等病害发生,从而保持果蔬较好地贮藏品质^[15]。本试验结果表明,800 mg/L 的纳他霉素和 ε-聚赖氨酸制成的保鲜纸均能较好地降低采后火龙果贮藏期的呼吸强度,抑制果实腐烂率、失重率、丙二醛、霉菌及酵母菌和鳞片黄化率的增加,保持果实可溶性固性物、可滴定酸、Vc、甜菜素和鳞片叶绿素的含量。800 mg/L 纳他霉素的保鲜纸处理比 800 mg/L ε-聚赖氨酸的保鲜纸整体效果更好,因此,800 mg/L 纳他霉素的保鲜纸适宜火龙果采后保鲜,能较好地保持火龙果的贮藏品质和营养成分,这与纳他霉素和 ε-聚赖氨酸制成的保鲜纸在葡萄上的研究结果相一致,进一步证明保鲜纸可以有效地保持贮藏期果实品质^[15]。但是,保鲜纸处理对火龙果贮藏过程中抗氧化及能量代谢作用机理有待进一步研究。

参考文献

- [1] Dembitsky V M, Poovarodom S, Leontowicz H, et al. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites [J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1671-1701
- [2] WU Li-chen, Hsu HW, CHEN Yun-chen, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya [J]. Food Chemistry, 2006, 95(2): 319-327
- [3] Yien Yien Ong, Wen Siang Tan, Mohamad R, et al. Biochemical and molecular identification of *Enterococcus* spp. from red pitaya [J]. Process Biochemistry, 2014, 49(4): 563-568

- [4] HUA Qiang-zhu, CHEN Can-bin, ZUR N T, et al. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2018, 126: 117-125
- [5] García-Cruz L, Dueñas M, Santos-Buelgas C, et al. Betalains and phenolic compounds profiling and antioxidant capacity of pitaya (*Stenocereus* spp.) fruit from two species (*S. Pruinus* and *S. Stellatus*) [J]. *Food Chemistry*, 2017, 234: 111-118
- [6] Suh D H, Lee S, Heo D Y, et al. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(34): 8764-8771
- [7] Ortiz T A, Takahashi L S A. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity [J]. *Genetics and Molecular Research*, 2015, 14(4): 14422-14439
- [8] 李家政,王奕文,张凤勇.火龙果采后品质控制现状分析[J].保鲜与加工,2016,16(1):1-6
LI Jia-zheng, WANG Yi-wen, ZHANG Feng-yong. Actuality analysis of quality control of postharvest pitaya [J]. *Storage and Process*, 2016, 16(1): 1-6
- [9] Nerd A, Gutman F, Mizrahi Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1999, 17(1): 39-45
- [10] 刘顺枝,孙茹,江月玲,等.贮藏温度对火龙果品质和衰老变化的影响[J].食品科学,2013,34(12):336-340
LIU Shun-zhi, SUN Ru, JIANG Yue-ling, et al. Effect of storage temperature on quality and senescence of pitaya [J]. *Food Science*, 2013, 34(12): 336-340
- [11] Wall M M, Khan S A. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) after X-ray irradiation quarantine treatment [J]. *Hort Science*, 2008, 43(7): 2115-2119
- [12] Hoa T T, Clark C J. Postharvest quality of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) following disinfesting hot air treatments [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 41(1): 62-69
- [13] 巴良杰,罗冬兰.赤霉素处理对火龙果贮藏品质的影响[J].包装工程,2019,40(13):12-17
BA Liang-jie, LUO Dong-lan. Effect of gibberellic acid treatment on storage quality of pitaya [J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(13): 12-17
- [14] Bierhalz A C K, Silva M A D, Kieckbusch T G. Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications [J]. *Journal of Food Engineering*, 2012, 110(1): 18-25
- [15] 刘振通,张鹏,李江阔,等.生物保鲜纸对无核寒香蜜葡萄不同冷藏期的货架品质及风味物质的影响[J].食品科学,2017,38(7):246-254
LIU Zheng-tong, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effect of biological preservative paper on shelf quality and flavor substances of suffolk red seedless grapes at different cold storage periods [J]. *Food Science*, 2017, 38(7): 246-254
- [16] 郭园园,鲁晓翔,李江阔,等.纳他霉素对青皮核桃保鲜的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(8):221-225
GUO Yuan-yuan, LU Xiao-xiang, LI Jiang-kuo, et al. Effect of natamycin on the freshness of green juglans [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2013, 39(8): 221-225
- [17] Aleman A, Mastrogiacono I, Lopez-cabakkero M E, et al. A novel functional wrapping design by complexation of ϵ -polylysine with liposomes entrapping bioactive peptides [J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2016, 9(7): 1-12
- [18] 刘璐,鲁晓翔,陈绍慧,等. ϵ -聚赖氨酸采后处理对樱桃冰温贮藏期间品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(12):319-323
LIU Lu, LU Xiao-xiang, CHEN Shao-hui, et al. Effect of postharvest handling with ϵ -polylysine on quality of cherry during ice-temperature storage [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(12): 319-323
- [19] 闫震,聂继云,程杨,等.一种水果、蔬菜及其制品中叶绿素含量的测定方法.中国果树,2018,2:59-62
YAN Zhen, NIE Ji-yun, CHENG Yang, et al. Method for measuring chlorophyll content in fruits, vegetables and products [J]. *China Fruits*, 2018, 2: 59-62
- [20] 魏征,张政,魏佳,等.水杨酸雾化熏蒸对新疆小白杏采后贮藏品质的影响[J].现代食品科技,2020,36(1):113-119,168
WEI Zheng, ZHANG Zheng, WEI Jia, et al. Effects of salicylic acid spray fumigation on postharvest quality of Xinjiang Xiaobai apricot [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(1): 113-119, 168
- [21] 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,2013
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruit and Vegetables* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013
- [22] Fathordoobady F, Mirhosseini H, Selamat J, et al. Effect of solvent type and ratio on betacyanins and antioxidant activity of extracts from *Hylocereus polyrhizus*, flesh and peel by supercritical fluid extraction and solvent extraction [J]. *Food Chemistry*, 2016, 202: 70-80