

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2024.20.003

柠檬汁与抗坏血酸钙预处理对鲜食石榴籽粒贮藏品质的影响

孙婉卿¹, 朱沐华², 阎瑞香^{1*}, 陈君然³

(1. 天津科技大学 食品科学与工程学院, 天津 300457; 2. 天津科技大学 轻工科学与工程学院, 天津 300457; 3. 新疆优产农业科技发展有限公司, 新疆 策勒 848300)

摘要: 为研究不同预处理对鲜食石榴籽粒贮藏品质的影响, 以鲜食石榴为试材, 对石榴籽粒进行柠檬汁喷洒处理或抗坏血酸钙浸泡处理, 测定其外观和营养品质。结果表明: 在柠檬汁处理中, 贮藏至第 15 天时, 20 g 柠檬汁处理组的失重率、腐烂率、pH 值较对照组分别降低了 1.58%、3.82%、0.09, 在柠檬汁处理组内延缓褐变效果最佳。在抗坏血酸钙处理中, 贮藏至第 15 天时, 4% 抗坏血酸钙组的失重率、腐烂率、pH 值较对照组分别降低了 2.27%、8.78%、0.16。柠檬汁处理和抗坏血酸钙处理与对照组相比, 货架期均延长了 3 d。其中, 4% 抗坏血酸钙组的失重率、腐烂率和 pH 值最低, 硬度、可溶性固形物含量和感官评分最高, 为较适宜的预处理方式。

关键词: 鲜食石榴籽粒; 保鲜; 贮藏品质; 抗坏血酸钙; 柠檬汁

Effect of Lemon Juice and Calcium Ascorbate Pretreatments on Storage Quality of Fresh Pomegranate Seeds

SUN Wanqing¹, ZHU Muhua², YAN Ruixiang^{1*}, CHEN Junran³

(1. College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. College of Light Industry Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 3. Xinjiang Youchan Agricultural Technology Development Co., Ltd., Cele 848300, Xinjiang, China)

Abstract: In this study, fresh pomegranate seeds were used as experiment materials to investigate the effect of different pre-treatments on the seeds' storage quality. Fresh pomegranate seeds were treated with lemon juice spray or calcium ascorbate soaking before their appearance and nutritional quality were determined. The results showed that in lemon juice treatment groups, the weight loss rate, decay rate, and pH value of the group sprayed with 20 g lemon juice were reduced by 1.58%, 3.82%, and 0.09 respectively compared to the control group when stored until the 15th day. The best effect of delaying browning was observed in the lemon juice treatment group. As for the treatment with calcium ascorbate, the weight loss rate, decay rate, and pH value of the group soaked in 4% calcium ascorbate decreased by 2.27%, 8.78%, and 0.16 respectively compared to the control group when stored until the 15th day. Compared with the control group, the shelf life of fresh pomegranate seeds under lemon juice treatment and calcium ascorbate treatment was extended by 3 days. Among them, the weight loss rate, decay rate, and pH value of the group soaked in were the lowest, while the hardness, soluble solid content, and sensory score were the highest, making 4% calcium ascorbate soaking a more suitable pre-treatment method.

Key words: fresh pomegranate seed; preservation; storage quality; calcium ascorbate; lemon juice

引文格式:

孙婉卿, 朱沐华, 阎瑞香, 等. 柠檬汁与抗坏血酸钙预处理对鲜食石榴籽粒贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(20): 17-24, 52.

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发任务专项(2022B02030)

作者简介: 孙婉卿(2000—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 石榴保鲜。

*通信作者: 阎瑞香(1973—), 女(汉), 教授, 博士, 研究方向: 保鲜包装。

SUN Wanqing, ZHU Muhua, YAN Ruixiang, et al. Effect of Lemon Juice and Calcium Ascorbate Pretreatments on Storage Quality of Fresh Pomegranate Seeds[J]. Food Research and Development, 2024, 45(20): 17-24, 52.

石榴(*Punica granatum* L.)属石榴科石榴属植物^[1],又名安石榴、若榴、天浆、金罌^[2]。原产于伊朗、阿富汗、中亚西亚一带,在汉代传入中国,栽培历史悠久,其经济、观赏、营养和医药价值日益被发掘,近年来发展迅速^[3]。随着对石榴研究的深入,其果实的消费在世界范围内均有很大程度的增长^[4]。

抗坏血酸作为一种抗氧化剂已广泛应用于果蔬保鲜中。但抗坏血酸的稳定性较差,且常需引入其它酶促反应抑制剂,操作复杂,不利于商业化应用^[5]。抗坏血酸钙和柠檬汁克服了以上缺点,抗坏血酸钙和柠檬汁比抗坏血酸稳定,其抗氧化作用优于抗坏血酸。由于钙的引入,也增强了抗坏血酸的营养强化作用^[6-7],并且柠檬汁还可以丰富风味。目前,关于使用柠檬汁和抗坏血酸钙来提高各类鲜切果蔬贮藏品质的研究已有较多报道。张留圈等^[8]研究发现,35 g/L抗坏血酸钙浸泡处理 20 min 鲜切生菜保鲜效果最佳,该处理可使鲜切生菜在 15 d 内保持较好品质。闫训友等^[9]研究发现,当抗坏血酸钙的浓度为 1%、细孔保鲜膜的最适孔密度为 40 个/cm²、紫外线照射的最适时间为 15 min 时,鸭梨贮藏保鲜的品质最好。张莉等^[10]研究发现,鲜甘蔗汁在加入体积比为 4:40 柠檬汁与甘蔗汁、120 °C 温度下加热 25 min 时,甘蔗汁可有效保鲜 9 d。周文颖等^[11]研究表明,用柠檬汁处理猪腰枣更有利于保持品质,维持更高的营养价值,可以显著延长枣果的保鲜周期。柠檬汁和抗坏血酸钙在鲜切生菜、鸭梨、鲜甘蔗汁等应用较多,但在鲜食石榴籽粒方面的研究鲜见报道。本文在前期单因素试验的基础上,通过分析贮藏过程中石榴籽粒失重率、好果率、pH 值、顶空气体浓度等指标的变化,探究鲜食石榴籽粒贮藏的最佳预处理条件,以期延缓石榴籽粒采后褐变进程提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

供试黄河滩软籽石榴于 2022 年 10 月采自土地条件和管理水平一致的新疆维吾尔自治区和田市策勒县,果实采后 24 h 内运回实验室。250 mL 聚对苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene glycol terephthalate, PET)杯:厦门合兴包装印刷股份有限公司;新鲜柠檬:市售;抗坏血酸钙(分析纯):上海源叶生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

WSC-S 型手持色差仪:上海仪电物光公司;MASTER-53T 型手持式糖度计:上海杰晟科学仪器有限公司;

PBI Dansensor 台式顶空气体分析仪:丹麦 PBI Dansensor 公司;PB-10 型台式酸度计:上海诺萱科学仪器有限公司;DDS-307A 型电导率仪:上海仪电科学仪器股份有限公司;TMS-Pro 型质构仪:美国 FTC 公司。

1.3 试验方法

挑选果色均一、无机械损伤、无病虫害的石榴作为试验用果,使用 75% 酒精对石榴果表面擦拭消毒后,剥出石榴籽,挑选成熟度和大小均一的石榴籽粒作为试验样品进行处理,以前期单因素试验为基础,同时为增强两种预处理的对照性,柠檬汁与抗坏血酸钙中含有的抗坏血酸含量一一对应,作如下处理:1)柠檬汁处理组:将石榴籽粒随机分装在 250 mL PET 杯中,每杯 100 g,均匀喷洒不同用量的柠檬汁(10、15 g 和 20 g),使用保鲜膜封杯口。2)抗坏血酸钙处理组:将石榴籽分别浸泡抗坏血酸钙溶液(2%、3%、4%)中 5 min,控水取出,放入 PET 杯中,每杯 100 g,使用保鲜膜封杯口。3)空白对照组:将石榴籽粒不做任何保鲜处理。设置 3 个重复,所有样品均贮藏于(4.0±0.5)°C 条件下,每隔 3 d 进行随机取样检测。

1.4 指标测定方法

1.4.1 失重率

采用称量法^[12]测定失重率($X, \%$),计算公式如下。

$$X = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100$$

式中: W_0 为石榴籽粒的初始质量,g; W_t 为石榴籽粒贮存时间 t 时的质量,g。

1.4.2 腐烂率

局部长霉、腐烂、流水等计入腐烂果实^[13],腐烂率($Y, \%$)计算公式如下。

$$Y = \frac{A}{B} \times 100$$

式中: A 为腐烂果粒数; B 为果粒总数。

1.4.3 色泽

采用手持色差仪测定 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值,每个处理随机取 10 g 石榴籽粒,将石榴籽粒分成三等份,每等份测定 1 次。其中 L^* 表示亮度, a^* 表示绿色-红色, b^* 表示蓝色-黄色, ΔE 表示样品的总色差,计算公式如下^[14]。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2}$$

式中: L^* 值、 a^* 值、 b^* 值分别为测定时样品的色泽值; L^*_0 值、 a^*_0 值、 b^*_0 值分别为新鲜样品的色泽值。

1.4.4 可溶性固形物含量

采用折光法,用手持式糖度计测定可溶性固形物含量^[15]。

1.4.5 硬度

采用质构仪测定硬度。选用 P36R 探头进行测定,形变 50%,中间停顿 10 s^[16]。

1.4.6 pH 值

每次取 10 g 鲜样品,置于钵体中磨碎,用台式酸度计测定。

1.4.7 顶空气体浓度

采用台式顶空气体分析仪^[17]测定顶空气体浓度。

1.4.8 感官评价

以 9 位具有感官评价经验的食物专业学生为评定员,每隔 3 d 分别从外观品质、香气和偏好性 3 个方面对不同预处理的石榴籽粒进行评价打分,评价标准如表 1 所示。

表 1 石榴籽粒感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of pomegranate seeds

项目	评分标准	分数
外观品质 (30分)	品质完好,果粒新鲜有光泽,无褐变腐败	25~30
	品质较好,果粒光泽轻微暗淡,无褐变腐败	19~<25
	品质一般,暗淡无光,有轻微褐变,无腐败	13~<19
	品质较差,失去光泽,褐变明显,轻微腐败 腐烂变质	7~<13 0~<7
香气(30分)	果粒香气宜人,浓郁,有石榴鲜香味	25~30
	果粒香气寡淡,有轻微石榴鲜香味	19~<25
	果粒有轻微异味	13~<19
	果粒异味较浓 果粒有严重异味	7~<13 0~<7
偏好性(40分)	特别喜欢	33~40
	中等喜欢	25~<33
	既不喜欢也不讨厌	17~<25
	中等不喜欢 特别不喜欢	9~<17 0~<9

1.5 数据处理

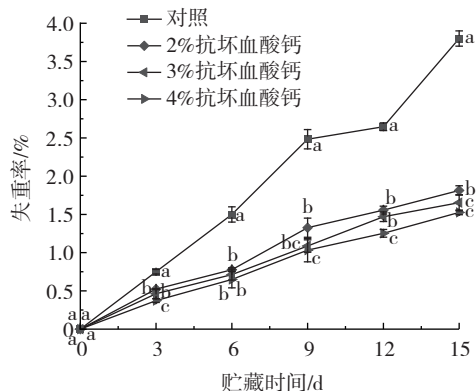
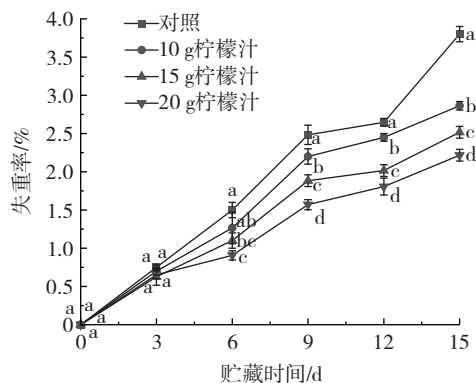
运用 Origin 2023 进行绘图,采用 SPSS 22.0 进行方差分析,结果用平均值±标准差表示, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同预处理对石榴籽粒失重率的影响

失重率是衡量果蔬新鲜度的重要指标,由于失去了外皮的保护及胎座的营养供给,石榴籽粒很容易失水,严重时会出现果粒皱缩,丧失商品性^[18]。不同预处理对石榴籽粒失重率的影响见图 1。

由图 1 可知,在贮藏期间石榴籽粒的失重率均呈上升趋势。其中,对照组失重率在第 15 天最高,达到 3.8%,高于其他处理组,说明抗坏血酸钙和柠檬汁处理



不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图 1 不同预处理对石榴籽粒失重率的影响

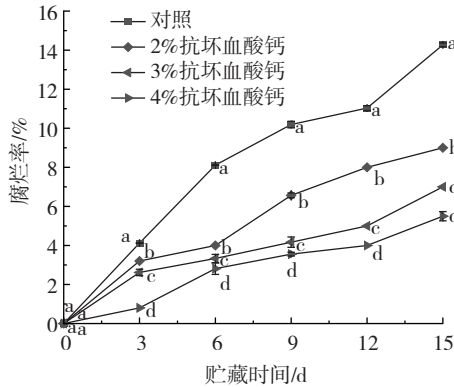
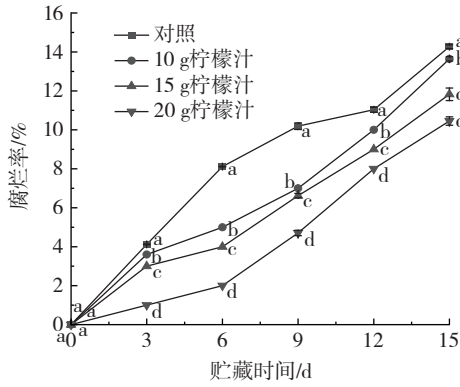
Fig.1 Effect of different pretreatments on weight loss rates of pomegranate seeds

均对防止石榴籽粒在贮藏过程中的失水萎缩有一定效果。在柠檬汁处理中,20 g 柠檬汁处理组的失重率总体低于其他柠檬汁处理组。在抗坏血酸钙处理中,4% 抗坏血酸钙处理组在第 6 天的失重率为 0.9%,第 15 天上升至 1.53%,在同组延缓果实失重率中效果最佳。在整个贮藏期间,柠檬汁处理组失重率上升速率较快,而抗坏血酸钙处理组失重率上升速率较为缓慢,其中 4% 抗坏血酸钙处理组的失重率上升速率最小。结果表明,4% 抗坏血酸钙处理能有效延缓石榴籽粒失重率的升高。

2.2 不同预处理对石榴籽粒腐烂率的影响

在贮藏过程中,石榴籽粒由于病原微生物的浸染,会导致组织软化腐败^[19]。腐烂是石榴籽粒贮藏效果的直接体现。不同预处理对石榴籽粒腐烂率的影响见图 2。

由图 2 可以看出,不同预处理的石榴籽粒腐烂率在贮藏期间均呈现上升趋势。在贮藏前期,对照组腐烂率上升幅度较为平缓。贮藏至 6 d 时,对照组腐烂率上升幅度变大,在第 15 天达到最大值,为 14.27%,高于其他处理组,说明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均能有效延缓石榴籽粒在贮藏过程中腐烂率的上升。在柠檬汁处理中,20 g 柠檬汁处理组失重率上升幅度最小。



不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图2 不同预处理对石榴籽粒腐烂率的影响

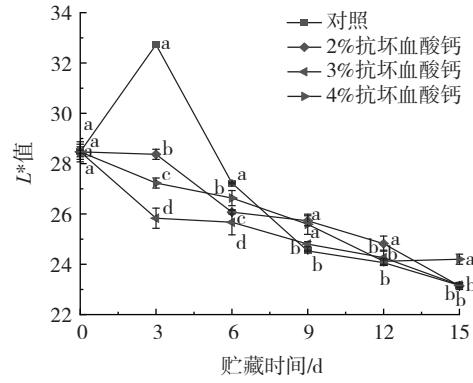
Fig.2 Effect of different pretreatments on decay rates of pomegranate seeds

贮藏至15 d时,20 g 柠檬汁处理组的腐烂率为10.45%,在柠檬汁处理组内延缓腐烂的效果最佳。在抗坏血酸钙处理中,4% 抗坏血酸钙处理在第6天的腐烂率为2.81%,第15天升高为5.49%,低于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。表明4% 抗坏血酸钙处理能有效抑制石榴籽粒腐烂率的上升。

2.3 不同预处理对石榴籽粒色泽的影响

石榴籽粒的表观色泽直接影响石榴籽粒的商品价值,褐变度、 L^* 值(亮度)、 a^* 值(+:偏红,-:偏绿)和 b^* 值(+:偏黄,-:偏蓝)是表征色泽变化的重要指标^[20]。不同预处理对石榴籽粒色泽的影响见图3~图6。

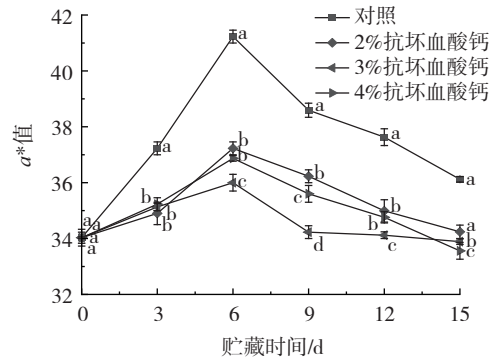
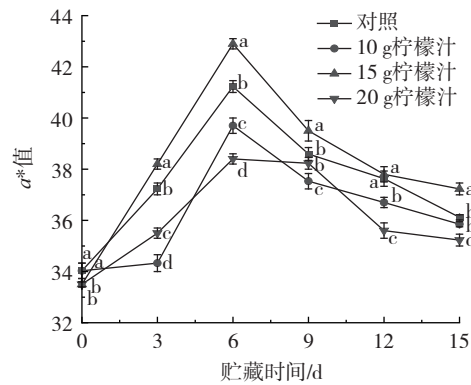
由图3可以看出,在整个贮藏期间,不同预处理的 L^* 值均呈下降趋势,但柠檬汁处理组和抗坏血酸钙处



不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图3 不同预处理对石榴籽粒 L^* 值的影响

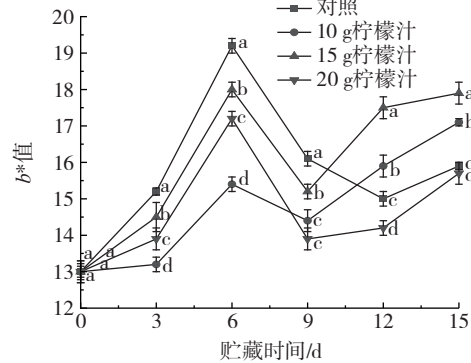
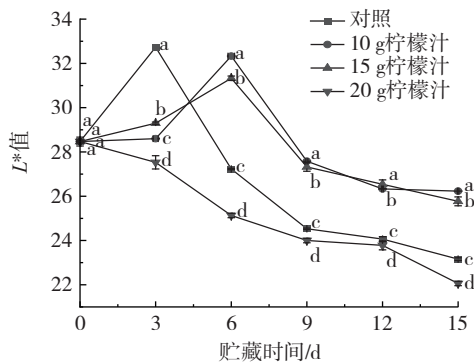
Fig.3 Effect of different pretreatments on L^* values of pomegranate seeds

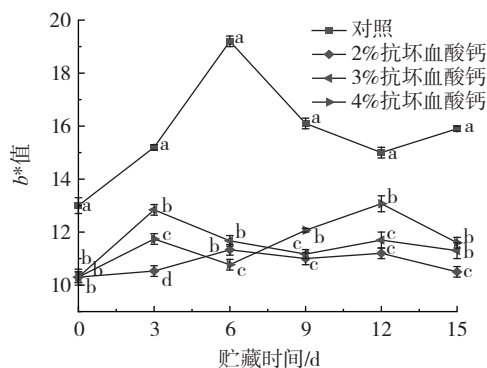


不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图4 不同预处理对石榴籽粒 a^* 值的影响

Fig.4 Effect of different pretreatments on a^* values of pomegranate seeds

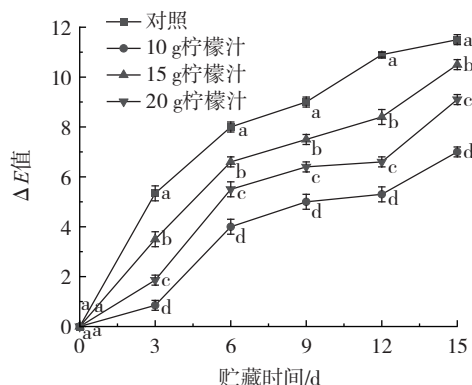




不同小写字母表示存在显著差异($P < 0.05$)。

图5 不同预处理对石榴籽粒 b^* 值的影响

Fig.5 Effect of different pretreatments on b^* values of pomegranate seeds



不同小写字母表示存在显著差异($P < 0.05$)。

图6 不同预处理对石榴籽粒 ΔE 值的影响

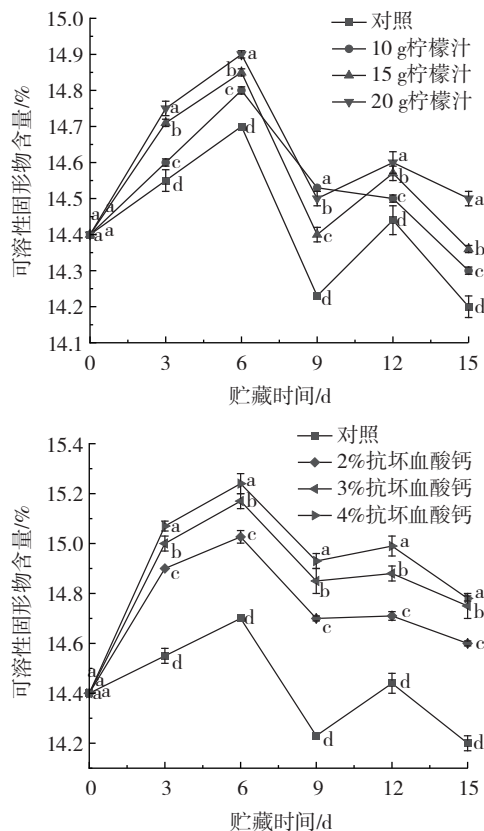
Fig.6 Effect of different pretreatments on ΔE values of pomegranate seeds

理组的下降幅度均低于对照组下降幅度,说明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均能维持石榴籽粒的亮度。由图4、图5可知,在贮藏期间 a^* 值与 b^* 值的变化趋势基本一致。抗坏血酸钙处理组 a^* 值的上升速率较柠檬汁处理组平缓,且贮藏至15d时,4%抗坏血酸钙处理组的 a^* 值为33.56,低于其他处理组;抗坏血酸钙处理组 b^* 值均低于柠檬汁处理组。由图6可知,不同预处理的石榴籽粒 ΔE 值在贮藏期间均呈现上升趋势。其中,

4%抗坏血酸钙处理组的上升速率最为平缓,贮藏至15d时,4%抗坏血酸钙处理组的 ΔE 值为6.6,在所有处理组中延缓褐变效果最佳。结果表明,4%抗坏血酸钙处理对维持石榴籽粒的色泽具有良好的效果。

2.4 不同预处理对石榴籽粒可溶性固形物含量的影响

含糖量与石榴贮藏期间衰老有着密切的联系,不同预处理对石榴籽粒可溶性固形物含量的影响见图7。



不同小写字母表示存在显著差异($P < 0.05$)。

图7 不同预处理对石榴籽粒可溶性固形物含量的影响

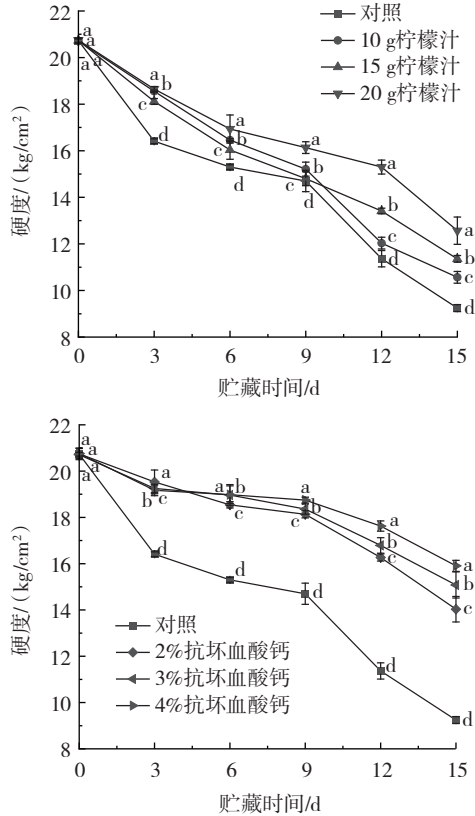
Fig.7 Effect of different pretreatments on soluble solid contents in pomegranate seeds

由图7可知,在贮藏期间石榴籽粒的可溶性固形物含量整体呈先升高后降低的趋势。这是由于采后水果的呼吸作用增强,水分损失加快,从而提高了可溶性固形物的含量^[21];随后由于呼吸作用消耗石榴中大量糖类物质,使其固形物含量降低^[22]。在整个贮藏过程中,对照组可溶性固形物含量下降最为明显,在第15天达到最小值,为14.2%。表明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均能保持较高的可溶性固形物含量。在柠檬汁处理中,10g柠檬汁处理组的可溶性固形物含量下降幅度最小。在抗坏血酸钙处理中,4%抗坏血酸钙处理在第15天的可溶性固形物含量为14.78%,高于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。说明4%抗坏血酸钙处

理对延缓可溶性固形物含量降低的效果最好。

2.5 不同预处理对石榴籽粒硬度的影响

硬度可以反映果蔬的新鲜度和成熟度,是衡量果实贮藏效果的重要指标^[23]。不同预处理对石榴籽粒硬度的影响见图8。



不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图8 不同预处理对石榴籽粒硬度的影响

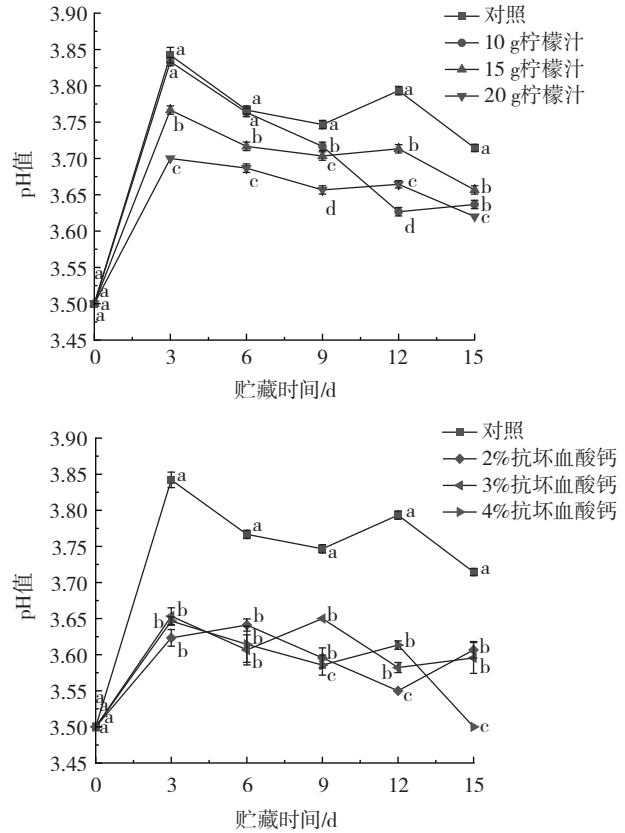
Fig.8 Effect of different pretreatments on hardness of pomegranate seeds

由图8可以看出,在贮藏过程中不同预处理的石榴籽粒硬度均呈不断下降趋势。抗坏血酸钙和柠檬汁处理的石榴籽粒硬度在贮藏期间均高于对照组。在柠檬汁处理中,20 g 柠檬汁处理组硬度始终高于其他处理组,在柠檬汁处理组内延缓腐烂的效果最佳。在抗坏血酸钙处理中,4% 抗坏血酸钙处理在第6天的硬度为 18.98 kg/cm²,第15天升高为 15.9 kg/cm²,高于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。结果表明,4% 抗坏血酸钙处理对维持石榴籽粒的硬度具有良好的效果。

2.6 不同预处理对石榴籽粒 pH 值的影响

pH 值反映了有机酸的含量,一定程度上反映出石榴籽粒的新鲜程度。不同预处理对石榴籽粒 pH 值的影响见图9。

由图9可知,在贮藏期间石榴籽粒的 pH 值均先急剧上升后趋于平缓,这可能是由于在贮藏前期,石榴



不同小写字母表示存在显著差异($P<0.05$)。

图9 不同预处理对石榴籽粒 pH 值的影响

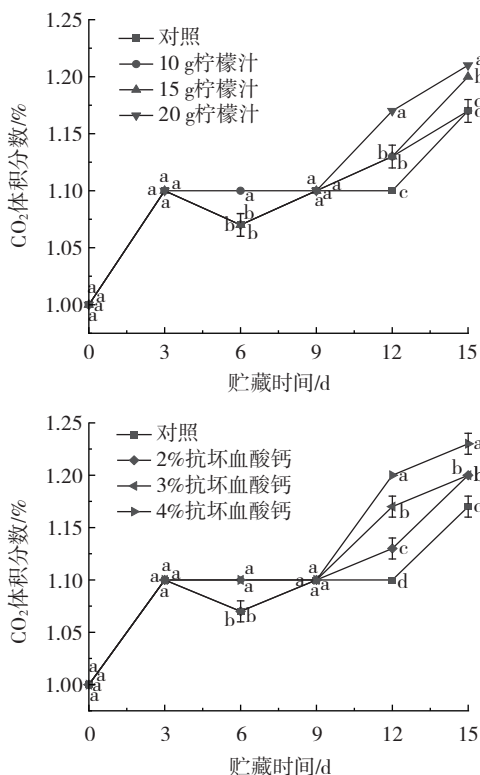
Fig.9 Effect of different pretreatments on pH values of pomegranate seeds

代谢快、呼吸强度大,消耗大量的有机酸,导致 pH 值升高较快^[24]。在贮藏过程中,对照组 pH 值始终高于其他处理组,说明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均可以有效延缓 pH 值升高。在柠檬汁处理中,20 g 柠檬汁处理组的 pH 值总体上低于其他柠檬汁处理组。贮藏至 15 d 时,20 g 柠檬汁处理组的 pH 值为 3.62,在柠檬汁处理组内延缓 pH 值升高的效果最佳。在抗坏血酸钙处理中,4% 抗坏血酸钙处理在第 15 天的 pH 值为 3.55,低于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。说明 4% 抗坏血酸钙处理对延缓 pH 值升高的效果最好。

2.7 不同预处理对石榴籽粒顶空气体浓度的影响

石榴籽粒的呼吸作用消耗营养物质,使其生理品质下降^[25]。不同预处理对石榴籽粒顶空气体浓度的影响见图10、图11。

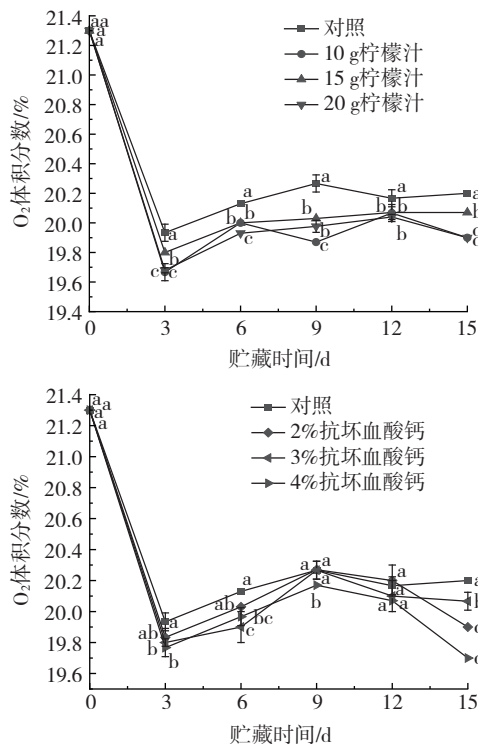
由图10、图11可以看出,随着石榴籽粒呼吸作用的进行,CO₂ 体积分数整体逐渐增加,O₂ 体积分数整体逐渐减少。在整个贮藏过程中,对照组 CO₂ 体积分数整体低于其他处理组,且 O₂ 体积分数始终高于其他处理组。表明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均能抑制石榴籽粒的呼吸作用。在柠檬汁处理中,20 g 柠檬汁处理组



不同小写字母表示存在显著差异 ($P < 0.05$)。

图 10 不同预处理对石榴籽粒 CO₂ 体积分数的影响

Fig.10 Effect of different pretreatments on CO₂ volume fractions of pomegranate seeds



不同小写字母表示存在显著差异 ($P < 0.05$)。

图 11 不同预处理对石榴籽粒 O₂ 体积分数的影响

Fig.11 Effect of different pretreatments on O₂ volume fractions of pomegranate seeds

的 CO₂ 体积分数总体高于其他柠檬汁处理组。贮藏至 15 d 时, 20 g 柠檬汁处理组的 CO₂ 体积分数为 1.21%, 在柠檬汁处理组内抑制石榴籽粒呼吸作用的效果最佳。在抗坏血酸钙处理中, 4% 抗坏血酸钙处理在第 15 天 CO₂ 体积分数为 1.23%, 高于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。且在第 15 天 O₂ 体积分数为 19.7%, 低于其他抗坏血酸钙处理组和柠檬汁处理组。说明 4% 抗坏血酸钙处理对抑制石榴籽粒的呼吸作用的效果最好。

2.8 不同预处理对石榴籽粒感官评价的影响

根据表 1 中感官评价的标准对各组石榴籽粒进行评分, 不同预处理对石榴籽粒感官评价的影响见表 2。

表 2 感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation results

项目	预处理	贮藏时间/d						
		0	3	6	9	12	15	
外观品质	对照组	30.0	22.0	15.3	8.0	3.5		
	10 g 柠檬汁	30.0	26.0	20.0	15.4	14.6	10.0	
	15 g 柠檬汁	30.0	26.0	22.0	17.0	15.0	12.0	
	20 g 柠檬汁	30.0	28.0	26.0	20.0	18.0	15.0	
	2% 抗坏血酸钙	30.0	27.0	21.0	19.0	17.0	11.0	
	3% 抗坏血酸钙	30.0	26.0	23.0	18.0	15.0	13.0	
	4% 抗坏血酸钙	30.0	29.0	25.0	20.5	19.0	16.0	
	香气	对照组	30.0	21.0	14.0	9.0	4.0	
	10 g 柠檬汁	30.0	26.0	20.0	15.0	14.2	12.0	
	15 g 柠檬汁	30.0	26.0	22.0	16.8	15.0	11.0	
	20 g 柠檬汁	30.0	28.0	26.0	20.0	18.0	16.0	
	2% 抗坏血酸钙	30.0	27.0	21.0	19.0	16.5	12.0	
	3% 抗坏血酸钙	30.0	26.0	23.0	18.0	15.0	11.0	
	4% 抗坏血酸钙	30.0	28.0	25.0	20.5	19.0	17.0	
	偏好性	对照组	40.0	33.0	24.0	13.5	4.3	
	10 g 柠檬汁	40.0	34.0	27.0	23.4	16.4	15.8	
	15 g 柠檬汁	40.0	33.0	26.5	22.0	19.0	16.0	
	20 g 柠檬汁	40.0	34.0	29.0	24.7	21.0	16.6	
	2% 抗坏血酸钙	40.0	33.0	27.6	21.0	6.4	15.0	
	3% 抗坏血酸钙	40.0	33.0	28.0	23.0	7.5	17.1	
	4% 抗坏血酸钙	40.0	35.0	30.0	25.0	21.7	18.0	

由表 2 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 石榴籽粒的感官评分均呈下降趋势。其中, 对照组的下降趋势最为明显。对照组在第 9 天, 石榴籽粒表面黯淡无光, 有轻微褐变并伴有异味产生。第 12 天时, 异味较浓, 偏好性评分仅为 4.3, 失去食用价值。说明抗坏血酸钙和柠檬汁处理均可以有效延缓感官品质的下降。在柠檬汁处理中, 20 g 柠檬汁处理组的感官评分总体上高于其他柠檬汁处理组。在抗坏血酸钙处理中, 4% 抗坏血酸钙在第 15 天的外观品质和偏好性评分分别为 16.0、18.0, 高于其他处理组。4% 抗坏血酸钙在第 15 天的香气评分为 17.0, 高于其他处理组。结果表明, 4% 抗坏血酸钙处理对延缓感官品质下降的效果最好。

3 结论

本文以石榴籽粒为试验材料,研究抗坏血酸钙处理和柠檬汁处理对石榴籽粒贮藏品质的影响。结果表明:与对照组相比,抗坏血酸钙处理和柠檬汁处理均在一定程度上延缓了石榴籽粒的品质劣变。其中,20 g 柠檬汁组和4% 抗坏血酸钙组均能够明显降低石榴籽粒的失重率、腐烂率、pH 值,可有效保持硬度、可溶性固形物含量。综合各项测定指标可知,4% 抗坏血酸钙组在第15天失重率为1.53%,腐烂率为5.49%,pH 值为3.55,硬度为15.9 kg/cm²,可溶性固形物含量为14.78%,保鲜效果最佳。由于20 g 柠檬汁与4% 抗坏血酸钙中含有的抗坏血酸含量相同,因此,在含有相同抗坏血酸含量时,4% 抗坏血酸钙更适合石榴籽粒的保鲜。

参考文献:

- [1] JAHANI M, PIRA M, AMINIFARD M H. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*) fruits[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 264: 109188.
- [2] ZHOU Y L, YANG Y L, GUO J W, et al. Black spot disease of pomegranate caused by *Cladosporium cladosporioides* in China[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 170: 022131.
- [3] 刘春, 方锡佳, 李锦锦. 中国石榴种质资源研究进展[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(12): 34-36, 40.
LIU Chun, FANG Xijia, LI Jinjin. Research progress of pomegranate germplasm resources in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(12): 34-36, 40.
- [4] CATANIA P, COMPARETTI A, DE PASQUALE C, et al. Effects of the extraction technology on pomegranate juice quality[J]. Agronomy, 2020, 10(10): 1483.
- [5] 胡青霞, 张丽婷, 李洪涛, 等. 石榴果实贮期生理变化与采后保鲜技术研究进展[J]. 河南农业科学, 2014, 43(3): 5-11.
HU Qingxia, ZHANG Liting, LI Hongtao, et al. Research progress on physiological changes during storage and postharvest preservation technology of pomegranate fruits[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2014, 43(3): 5-11.
- [6] LUO Y G, LU S M, ZHOU B, et al. Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(7): 1621-1625.
- [7] 诸永志, 王静, 王道营, 等. 抗坏血酸钙对鲜切牛蒡褐变及贮藏品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(3): 655-659.
ZHU Yongzhi, WANG Jing, WANG Daoying, et al. Effects of Ca(AsA)₂ on browning and quality of fresh-cut burdock (*Arctium lappa* L.)[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2009, 25(3): 655-659.
- [8] 张留圈, 李艺, 梁颖, 等. 抗坏血酸钙对鲜切生菜品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 454-459.
ZHANG Liuquan, LI Yi, LIANG Ying, et al. Effects of calcium ascorbate on quality of fresh-cut iceberg lettuce[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2016, 32(2): 454-459.
- [9] 闫训友, 杜洪利, 吕世华, 等. 紫外线辅助抗坏血酸钙在鸭梨保鲜中的研究[J]. 食品科技, 2015, 40(10): 334-338.
YAN Xunyou, DU Hongli, LYU Shihua, et al. The research on the fresh-keeping of Ya-pears of the ascorbic acid calcium with the help of the ultraviolet[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(10): 334-338.
- [10] 张莉, 王森, 杜德俊, 等. 柠檬汁对甘蔗汁保鲜工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 201-205.
ZHANG Li, WANG Miao, DU Dejun, et al. Study on technology of sugarcane juice preservation with lemon juice[J]. Food Research and Development, 2016, 37(3): 201-205.
- [11] 周文颖, 刘亚敏, 刘玉民, 等. 柠檬汁对猪腰枣低温贮藏效果的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(4): 146-152.
ZHOU Wenying, LIU Yamin, LIU Yumin, et al. Effect of lemon juice on the post-harvest Wulongzhuyao jujube during cold storage[J]. Food & Machinery, 2018, 34(4): 146-152.
- [12] YAN Y S, DUAN S Q, ZHANG H L, et al. Preparation and characterization of Konjac glucomannan and pullulan composite films for strawberry preservation[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 243: 116446.
- [13] 张彪, 张文涛, 李喜宏, 等. 气体二氧化氯对樱桃番茄贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 173-176.
ZHANG Biao, ZHANG Wentao, LI Xihong, et al. Gaseous chlorine dioxide impact on storage quality of cherry tomato[J]. Food Research and Development, 2017, 38(8): 173-176.
- [14] NGUYEN V T B, NGUYEN D H H, NGUYEN H V H. Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2020, 162: 111103.
- [15] 姚昕, 涂勇. 食品防腐剂对石榴保鲜效果的影响[J]. 现代农业科技, 2020(21): 231-232, 235.
YAO Xin, TU Yong. Effect of food preservatives on pomegranate preservation[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2020(21): 231-232, 235.
- [16] 任洁, 董成虎, 纪海鹏, 等. 低温等离子体对番茄保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(18): 53-59.
REN Jie, DONG Chenghu, JI Haipeng, et al. Application of cold plasma in preservation of tomatoes[J]. Food Research and Development, 2023, 44(18): 53-59.
- [17] 潘嘹, 姚小玲, 卢立新, 等. 壳聚糖结合脱氢乙酸钠涂膜对槟榔品质的影响[J]. 包装工程, 2019, 40(3): 1-5.
PAN Liao, YAO Xiaoling, LU Lixin, et al. Effect of chitosan and sodium dehydroacetate coating on the quality of betel nuts[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(3): 1-5.
- [18] 任晚霞, 宋亭, 张丽媛. 纳米纤维素-淀粉膜对草莓保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(11): 6-11.
REN Wanxia, SONG Ting, ZHANG Liyuan. Effect of nanocellulose-starch film on fresh-keeping of strawberry[J]. China Food Additives, 2023, 34(11): 6-11.
- [19] 姚岗, 张润光, 李玉英, 等. 软籽石榴果实采后生理变化与贮藏保鲜研究进展[J]. 新农业, 2022(7): 36-38.
YAO Gang, ZHANG Runguang, LI Yuying, et al. Research progress on postharvest physiological changes and storage of soft-seeded pomegranate fruit[J]. Modern Agriculture, 2022(7): 36-38.
- [20] ZHOU M, CHEN J X, BI J F, et al. The roles of soluble poly and insoluble tannin in the enzymatic browning during storage of dried persimmon[J]. Food Chemistry, 2022, 366: 130632.
- [21] BILBAO-SAINZ C, CHIOU B S, TAKEOKA G, et al. Isochoric freezing and isochoric supercooling as innovative postharvest technologies for pomegranate preservation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2022, 194: 112072.

- cow beef[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 237-246.
- [17] CAMA-MONCUNILL R, CAFFERKY J, AUGIER C, et al. Prediction of Warner-Bratzler shear force, intramuscular fat, drip-loss and cook-loss in beef via Raman spectroscopy and chemometrics[J]. Meat Science, 2020, 167: 108157.
- [18] 翁梅芬, 郇延军, 樊明明, 等. 不同解冻方式对碎虾仁品质特性的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(16): 162-166.
WENG Meifen, HUAN Yanjun, FAN Mingming, et al. Influence of different thawing methods on the quality of shrimp pieces meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(16): 162-166.
- [19] 徐辉. 谷氨酰胺转氨酶对秘鲁鲑鱼肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2007.
XU Hui. The effect of transglutaminase on gel properties of myofibrillar proteins of jumbo squid(*Dosidicus Gigas*)[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2007.
- [20] 尚永彪, 夏杨毅, 李洪军. 转谷氨酰胺酶对猪肉肌原纤维蛋白凝胶性质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 135-139.
SHANG Yongbiao, XIA Yangyi, LI Hongjun. Effect of transglutaminase treatment on gel properties of porcine myofibrillar protein[J]. Food Science, 2009, 30(21): 135-139.
- [21] 庄玮婧, 谢三都. 转谷氨酰胺酶对鲢鱼鱼丸品质特性的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 89-94.
ZHUANG Weijing, XIE Sandu. Effect of transglutaminase on the quality of silver carp fish balls[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24): 89-94.
- [22] 薛力荔, 杨胜荣, 朱秋劲. 菠萝蛋白酶和TG酶对猪肉水解脱、失水率的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 134-137, 140.
XUE Lili, YANG Shengrong, ZHU Qiuji. Effect of bromelain and TGase on degree of hydrolysis and rate of water loss of pork[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(9): 134-137, 140.
- [23] CHEN C, ZHANG C, ZHANG R X, et al. Enzyme-catalyzed acylation improves gel properties of rapeseed protein isolate[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(11): 4182-4189.

加工编辑: 张岩蔚
收稿日期: 2023-08-01

(上接第24页)

- [22] VIEIRA J M, FLORES-LÓPEZ M L, DE RODRÍGUEZ D J, et al. Effect of chitosan-*Aloe vera* coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 116: 88-97.
- [23] 宁密密, 张群, 舒楠, 等. 不同形式SO₂保鲜剂处理对‘阳光玫瑰’葡萄贮藏期间果实硬度和细胞壁代谢的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(19): 169-177.
NING Mimi, ZHANG Qun, SHU Nan, et al. Effects of different forms of SO₂ preservatives on fruit hardness and cell wall metabolism during storage of ‘Sunshine Rose’ grapes[J]. Food and Fermentation Industry, 2022, 48(19): 169-177.
- [24] SOGVAR O B, KOUSHESH SABA M, EMAMIFAR A. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 114: 29-35.
- [25] 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.

责任编辑: 冯娜
收稿日期: 2023-12-19