

减压贮藏对草莓保鲜效果影响的实验研究



王宁^{1,*}, 张婷婷²

¹上海海事大学商船学院, 上海 201306

²上海市制冷学会, 上海 200020

摘要: 果蔬富含营养物质, 对改善国民体质极为重要, 其保鲜期对经济影响巨大。为研究减压处理对草莓采后贮藏效果的影响, 文章采用减压贮藏设备对采后草莓进行了贮藏保鲜试验, 分析了减压贮藏对草莓外观、VC 含量和失水率的影响。对草莓进行研究; 对其进行 4 种工艺处理, 即减压贮藏 A1 组 (10kPa, 5 ℃, 82% 的相对湿度), A2 组 (30kPa, 5 ℃, 85% 的相对湿度), A3 组 (标准大气压, 5 ℃, 85% 的相对湿度), A4 组 (环境温度和压力, 15 ℃)。实验通过分析草莓在冷藏 15d 间的褐变程度和品质变化, 测量了每组质量变化率和感官评分等指标, 探究延缓果实衰老和延长货架期的有效措施。研究结果表明, 随着贮藏时间增加, 草莓感官评分均呈下降趋势, 其失水率, A2 组最小, 仅为 1.73%, 而 A4 组高达 38.9%; VC 含量 A2 组 77mg/100g, 高于另外三组; 故减压贮藏可以延缓果蔬衰老和腐烂, 对草莓的保鲜有更加显著的效果。

关键词: 减压贮藏; 草莓; 保鲜; VC 含量; 失水率

DOI: [10.57237/j.wjfse.2023.02.003](https://doi.org/10.57237/j.wjfse.2023.02.003)

Experimental Investigation of the Hypobaric Storage Effect on the Preservation of Strawberries

Wang Ning^{1,*}, Zhang Tingting²

¹Merchant Marine College, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China

²Shanghai Society of Refrigeration, Shanghai 200020, China

Abstract: Fruits and vegetables are rich in nutrients and are extremely important for improving the health of the nation, and their shelf life has a huge economic impact. In this article, to study the effect of pressure-reducing treatment on the postharvest storage effect of strawberries, postharvest storage and preservation tests were conducted using pressure-reducing storage test equipment. The effect of reduced pressure storage on the appearance, VC content and water loss rate of strawberries was analyzed. Strawberries were studied; they were subjected to four process treatments, i.e. reduced pressure storage group A1 (10kPa, 5 ℃, 82% RH), group A2 (30kPa, 5 ℃, 85% RH), group A3 (1 atm, 5 ℃, 85% RH), and group A4 (ambient temperature and pressure, 15 ℃). The experiments were conducted to investigate the effective measures to delay fruit aging and extend the shelf life by analyzing the browning degree and quality changes of strawberries during 15 d of refrigeration and measuring the quality change rate and sensory scores of each group; the results showed that the sensory scores of strawberries decreased with the increase of storage time, and the water loss rate of strawberries was the smallest in group A2, only 1.73%, while it was as high as 38.9% in group A4; the VC content

*通信作者: 王宁, 1973451236@qq.com

The VC content of group A2 was 77mg/100g, which was higher than the other three groups; therefore, the reduced pressure storage could delay the aging and decay of fruits and vegetables, and had more significant effect on the preservation of strawberries.

Keywords: Hypobaric Storage; Strawberry; Freshness; VC Content; Water Loss Rate

1 引言

草莓又叫红莓、洋莓、地莓等,是一种红色的水果,外观呈心形。草莓是对蔷薇科草莓属植物的通称,属多年生草本植物,在全世界已知有 50 多种,原产南美,在中国各地及欧洲等地广为栽培[1]。草莓果肉组织细嫩,酸甜适宜,营养价值高,富含多种营养物质,深受各年龄段消费者的喜爱。草莓含有丰富的维生素 C、维生素 B、叶酸、铁、钙与花青素等营养物质,且有帮助消化的功效,所以被人们誉为是“水果皇后”。但是因其含有大量水分,质地娇嫩,在贮藏保鲜过程中非常容易受到损伤,而且会由于腐败菌的感染导致其腐化变质[2]。一直以来,草莓的贮藏保鲜主要围绕草莓的商品价值展开。目前,常用的草莓保鲜方法有涂抹保鲜技术、化学保鲜剂保鲜技术、气调储藏保鲜技术、低温冷藏储藏保鲜技术、热处理储藏保鲜技术和生物储藏保鲜技术等[3]。其中化学保鲜剂保鲜技术,通过食品添加剂、防腐剂等处理进行保鲜,但这必将对添加剂的安全提出更高的要求[4];生物储藏保鲜技术,主要是使用一些生物保鲜剂,但是,存在保鲜剂的提取繁琐,化学性质不稳定等缺点[5]。为此,本文主要以纯物理方法减压贮藏技术对草莓进行贮藏研究。

减压贮藏技术就是在传统的冷藏技术上增加了低压真空环境,在一定的低温低压条件下[6, 7],对采摘后的果蔬进行预处理,使果蔬表面的水分快速蒸发去除田间热而达到降温的目的,而且可以减弱其生理代谢,延缓其衰老,保证食用价值和商业价值[8, 9]。减压冷藏技术的工作原因与技术具有先进性特点,能够提升果蔬保鲜效果,显著优于单纯冷藏或者气调技术等。特别是针对易于腐烂的水果,其贮藏效果更加理想。目前,许多学者通过不同的处理手段对果蔬的保鲜也做了大量的研究。王友升等[10]研究表明减压处理对于抑制贮藏前期草莓果实腐烂具有较好的作用效果。黄孜沛等[11]采用真空预冷+减压贮藏,能够很好的控制失水率,叶绿素质量分数最大,贮藏效果最好;桑煜等[12]试验结果表明,真空贮藏条件可显著减低果蔬

的失水率,延缓叶绿素和 VC 的降解,保鲜效果明显优于常压条件。Li 等[13]通过研究发现,在 0.025Mpa 减压处理下的蓝莓生物活性化合物含量和抗氧化能力较高,获得了较好的保鲜效果。

为了更好地探究草莓在减压贮藏过程中感官品质、失水率、VC 含量等指标的变化,因此,本文基于此对草莓进行贮藏研究。

2 实验材料与方法

2.1 材料、设备与试剂

材料:新鲜上海临港草莓,于当地采收,选择大小均匀、成熟度适中、无病虫害、无腐烂、无机械损伤的草莓作为试验材料。复命保鲜膜(上海复命新材料科技有限公司)。

设备:双真空室减压贮藏机(上海善如水保鲜科技有限公司),型号为 JYL0.1x2A,精度为 0.1pa,机器减压技术类型为连续抽气型,即“连续抽气、连续加湿、连续换气”,“3 个连续”同时运行或单独控制每一个真空室;ZLG0.1A 型真空预冷机(上海善如水保鲜科技有限公司);i2000 型电子秤,精度为 0.01g;BCD-20 (KK20V40TI)型冰箱,精度为 1℃。

试剂:0.01%抗坏血酸溶液;0.01% 2,6-二氯酚溶液;1%和 2%草酸溶液;锥形瓶(50ml)、移液管(1ml, 10ml)、容量瓶(100ml)、微量滴定管;白陶土。

2.2 实验方法

2.2.1 材料预处理

将新鲜、无机械损伤的草莓用清水洗干净,放在聚乙烯托盘上,以防止它们在其重力作用下被压碎和变形。平均分成四个处理组,A1 组(10kPa, 5℃, 82%的相对湿度),A2 组(30kPa, 5℃, 85%的相对湿度),A3 组(标准大气压, 5℃, 85%的相对湿度),A4 组(环

境温度和压力，15℃)。A4 组每两天进行一次物理和生化参数分析，其他组每三天进行一次分析。A1-A3 组采用复命保鲜膜包装，储藏 15 天。通过测量多组样品取平均值，观察不同处理方式对草莓 VC 含量的影响。

2.2.2 感官评分标准

本实验对草莓的色泽、风味以及感官硬度进行评分，满分为 10 分，代表最优，品质极佳，最低为 1 分，失去食用价值，当品质低于 5 分时，品质较差，没有经济性；各评分指标如表 1。

表 1 感官评价指标

评分	对应感官描述
0~2	严重褐变，黑褐色，异味重，表面干瘪
2~4	褐变较严重，有异味，质地柔软
4~6	一般，有褐变迹象，变红褐色，无异味，质地松软
6~8	较好，轻微褐变，香气淡，质地松软
8~10	无褐变，质地良好，有香气，表面饱满，色泽均匀

2.2.3 VC 的计算

采用 2,6-二氯酚酚滴定法。吸取标准抗坏血酸溶液 1ml、1%草酸溶液 9ml，用 2,6-二氯酚酚溶液滴定，至粉红色出现且 15s 不褪色，根据用量计算出 1ml 2,6-二氯酚酚溶液所含 VC 的毫克数。称取样品研碎，加入 2%草酸定容至刻度 100ml，摇匀过滤，加入白陶土去色，吸取上清液 10ml 于锥形瓶中，用 2,6-二氯酚酚溶液滴定，至粉红色且 15s 不褪色，记下用量，滴定 3 次取平均值。吸取 1%草酸 10ml，滴定 3 次取平均值作为空白对照，记下用量。计算公式如下：

$$VC = \frac{(V - V_1) * A}{W} \times 100(mg/100g)$$
 (1)

式中：V 为滴定样品所用染料的体积，ml；V₁ 为滴定空白所用染料的体积，ml；A 为 1ml 染料中 VC 的含量，mg/100g；W 为滴定时吸取样品液中含样品克数，g。

2.2.4 失水率的计算

失水率通过电子秤测量重量计算，贮藏期间每天测量一次样品重量，计算公式如下：

$$\mu(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$
 (2)

式中：μ 为失水率；m₁为储藏前的质量，g；m₂为

储藏后的质量，g。

3 实验结果与讨论

3.1 实验数据处理

实验结束后，通过对实验数据以及实验图片的处理，得到如下图表。

表 2 不同序列对应的处理方法

A1	复命保鲜膜+减压贮藏(10kpa, 5℃, 相对湿度 82%)
A2	复命保鲜膜+减压贮藏(30kpa, 5℃, 相对湿度 85%)
A3	复命保鲜膜+一个大气压(5℃, 相对湿度 85%)
A4	普通保鲜膜+环境温度和压力(15℃)

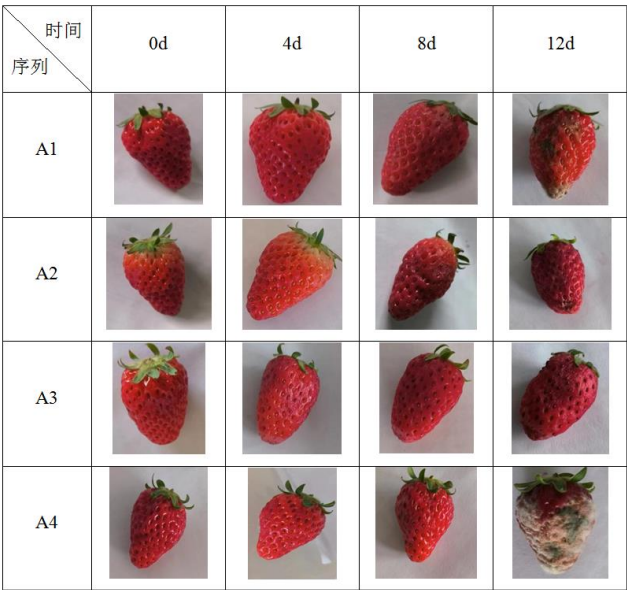


图 1 不同贮藏方式下草莓的变化

3.2 感官评分的变化

对于广大消费者而言，购买水果的第一反应就是观察水果是否新鲜、成熟度如何、有没有出现萎蔫等一系列感官感受[14]。新鲜水果更加受大众的青睐；通过本实验研究发现，给草莓综合打分，得出如图 2 所示的结果。A1 和 A2 组的评分明显高于其他组，到 13 天时评分均还在 6 以上，表明减压贮藏条件下保鲜效果最好；再对比 A1 和 A2 两组，发现在第 9 天之前两组的评分下降速率是一样的，第 9 天都保持在 8 分以上。但是第九天之后 A1 组相对于 A2 组下降速率较大，考虑主要由于初始压力和相对湿度的不同，它们都是影响保鲜效果的重要指标。就本实验来说，压力为 30kpa，相对湿度 85%的初始条件下的保鲜效果要优

于压力 10kpa, 相对湿度 82% 的条件。而在常温常压的 A4, 在第十天的时候草莓就软化严重, 有异味, 失去食用价值。通过对四组不同处理条件下的分析, 可见复命保鲜膜优于普通保鲜膜。

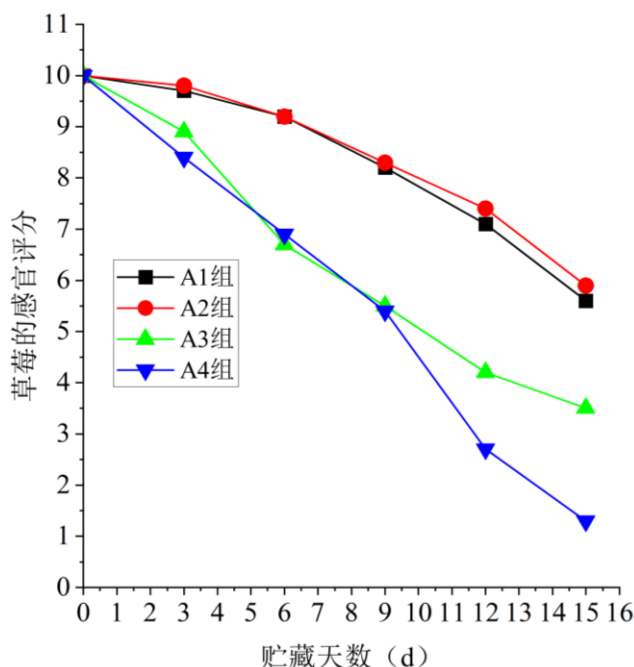


图2 草莓的感官评分曲线

3.3 失水率的变化

采后的果实仍是有生命的个体, 并会进行一系列的代谢活动, 在贮藏期间仍进行着呼吸作用, 其中水分的蒸发是采后贮藏过程中果实失重的主要原因, 果蔬的失重率是反映果蔬在贮藏期间生理活动的一项重要指标[15]。同时, 质量损失也是导致果实萎蔫、变质及腐烂的重要原因[16]。含水量高时, 果实坚挺饱满, 光泽鲜艳, 鲜嫩可口, 但容易受到机械伤害和病原物侵染; 果实组织失水后, 就会萎蔫、皱缩、品质下降, 商品价值降低。而草莓含水量较大, 在贮藏过程中草莓的失重主要是由于水分的损失。所以测定果实组织含水量具有重要的实践意义。

本实验中, 图3为草莓在不同处理条件下的失水率曲线, 由图可知, 四种处理条件下的大致趋势都一样, 都是呈现不断上升的趋势。A2组失水率在前6天一直维持在1%左右, 在第15天失水率也仅仅在2.5%左右, 可见, 在减压贮藏(30kpa, 5℃, 相对湿度85%)条件下, 能够极大减少草莓的失水率。纵观整个实验过程, A2组草莓的失水率是保持最好的一组。而相对

失水率保持最差的A4组(环境温度和压力)来说, 在第6天失水率就达到了15%以上, 在第15天失水率达到了38.9%, 可见没有任何的保鲜措施, 会极大增加草莓在贮藏期间的失水率。再对比A2组和A3组, 从失重曲线可知, 在温度(5℃)和相对湿度(85%)相同的条件下, 在刚开始两者的失水率的差异就很大, 在之后的15天内, 随着A3组失水率的持续增大, 第15天达到了28.5%, 外观也已经软化, 无香气。而相对来说A2组仅仅达到1.73%, 两者的差异也达到最大值26.77%。可见减压贮藏比普通冷藏更能减少草莓的失水率。且越到后期, 减压贮藏条件下的保鲜效果相对来说就越好。在实验末期, A1组的失水率为2.55%, A2组的失水率为1.73%, A4组的为38.9%, A1组和A2组经过减压贮藏之后, 两者的失水率大致相同, 而A4组没有任何的保鲜措施, 和A1组、A2组相比, 失水率的差距高达36.76%。与其他文献研究大致相同, 本研究减压贮藏的失水率也呈现稳定上升的趋势, 而且在做减压贮藏实验中, 控制湿度非常重要。

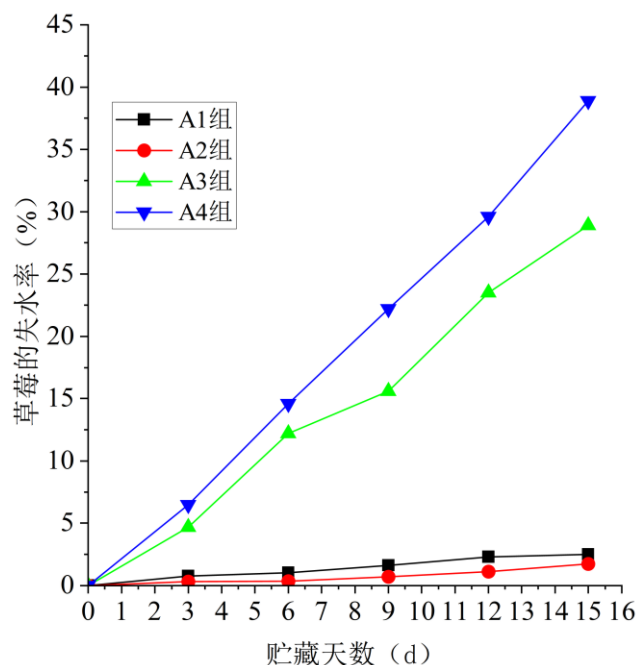


图3 草莓的失水率曲线

3.4 VC含量的变化

VC广泛存在于新鲜水果中, 它具有保持肌肤光滑、防止衰老、抗坏血酸等作用, 是人体必需的主要维生素之一。VC在水果中主要以还原型(ASA)存在。也是衡量果实品质的重要指标之一[17], 因此, 测定水果

维生素 C 含量的变化情况具有重要的意义。

实验期间,通过对草莓 VC 含量测量得出如下结论。如图 4 草莓的 VC 含量曲线所示,可知,在不同的处理条件下,草莓的 VC 含量均呈下降趋势。在前三天,四种不同处理条件下的 VC 含量的失水率下降速率一致,但是第 3 天之后,A4 组的 VC 含量呈现突降的趋势,在第 3 天到第 6 天就从 82 mg/100g 下降到 65 mg/100g。而其他三组的 VC 含量在第六天维持在 80 mg/100g 左右。可见,减压贮藏能够极大保持草莓的 VC 含量。对比 A1 组和 A2 组,两者都是在减压贮藏条件下,A2 组的处理压力相对 A1 来说较低 20kpa,VC 含量相对也优于 A1 组,但两者的 VC 含量变化差距不大,尤其在第六天之后,都呈现缓慢下降趋势。A1 组 VC 含量在实验末期下降到 73 mg/100g,A2 组则下降到 77 mg/100g。A2 组相对 A1 组来说具有明显优势。可知在一定范围内,减压贮藏压力越低,保鲜效果相对来说越好。实验结束后,A2 组含量 77mg/100g,高于 A3 组 62mg/100g,温湿度相同的情况下,减压贮藏的保鲜效果要优于普通冷藏。因此,本实验通过对草莓不同处理条件下保鲜效果的比较,得出 A2 组(30kpa,5℃,相对湿度 85%)最优。

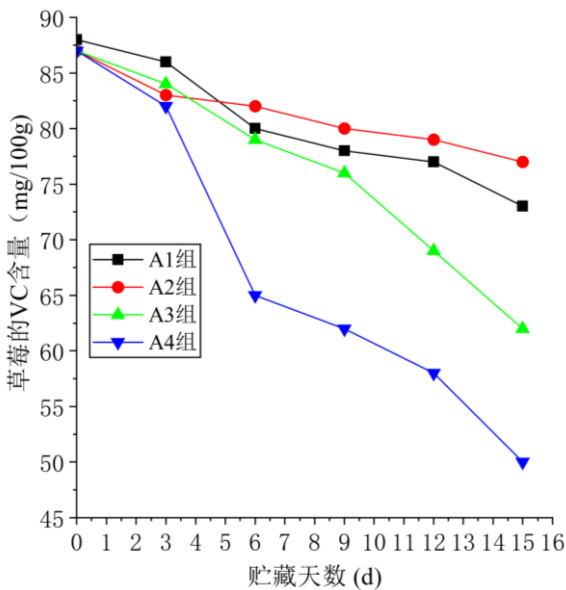


图 4 草莓的 VC 含量曲线

4 结论

减压贮藏技术作为一种低温低压贮藏技术,可以抑制果实的呼吸作用,延缓其衰老和萎蔫,本实验以草莓样品,对草莓采用 4 种工艺处理,即减压贮藏 A1

组(10kPa,5℃,82%的相对湿度),A2 组(30kPa,5℃,85%的相对湿度),A3 组(标准大气压,5℃,85%的相对湿度),A4 组(环境温度和压力,15℃)。通过对草莓进行质量变化率、VC 含量和感官评分等指标的研究,得出如下结论:

- (1) 经过减压贮藏的 A1 组和 A2 组感官评分明显优于其他组别,冷藏 15d 后外观品质较佳,且具有食用价值。因此,减压贮藏能够较好地维持草莓的品质,使其保鲜期更长;
- (2) 减压贮藏在降低失水率方面明显优于其他组别,而 A2 组(30kPa,5℃,85%的相对湿度)效果最佳,其质量变化率最小为 0.31%.
- (3) 通过四组在不同处理条件下失水率的比较,有复命保鲜膜的 A1、A2、A3 组的失水率最终分别为 2.55%、1.73%、28.5%,而 A4 组为 38.9%,因此,复命保鲜膜在草莓保鲜方面要好于普通保鲜膜;
- (4) 通过对 A1、A2、A4 组分析得出,A2 组减压贮藏(30kpa,5℃,相对湿度 85%),草莓的 VC 含量保持最高,效果最好,其次是 A1 组(10kPa,5℃,82%的相对湿度)。因此,减压贮藏保鲜效果明显优于普通冷藏。

减压贮藏技术由于是纯物理保鲜技术,在延长果蔬货架期有着至关重要的作用,市场应用前景非常广阔,面对技术工艺和参数、成本等问题,需要扩大科研投入和技术创新,研发高效节能的冷藏设备,在以后的研究工作中不断完善,才能为冷链物流的发展做出贡献。

参考文献

[1] 朱丽娅. 薄膜包装和减压贮藏对草莓采后生理品质及抗病性的影响 [D]. 安徽农业大学, 2014.

[2] 张晨星. 减压预处理协同壳聚糖涂膜对采后草莓保鲜作用的研究 [D]. 山西师范大学, 2021.

[3] 申江, 王美钧, 张川, 等. 草莓的减压储藏实验研究 [J]. 食品科技, 2018, 43 (03): 43-47.

[4] 张莉会, 李志航, 廖李, 等. 不同保鲜剂对蓝莓保鲜效果的比较 [J]. 现代食品科技, 2020, 36 (11): 121-129.

[5] 汤友军, 鲁晓翔. 可食性膜复合生物保鲜剂在果蔬保鲜中应用研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2020, 41 (18): 213-218.

- [6] 郑先章. 关于减压贮藏技术及理论主流观点的商榷 [J]. 农业工程学报, 2017, 33 (14): 1-10.
- [7] 黄宇斐, 乔勇进, 刘晨霞, 等. 低温减压贮藏对“川中岛”水蜜桃保鲜效果的影响 [J]. 食品工业科技, 2018, 39 (07): 267-270.
- [8] Hashmi M S, East A R, Palmer J S, et al. Hypobaric treatments of strawberries: A step towards commercial application [J]. Scientia Horticulturae, 2016, 198: 407-413.
- [9] Hashmi M S, East A R, Palmer J S, et al. Hypobaric treatment stimulates defence-related enzymes in strawberry [J]. Postharvest biology and technology, 2013, 85: 77-82.
- [10] 王友升, 张萌, 王丹, 等. 减压处理对草莓贮藏效果及活性氧代谢影响的多变量解析 [J]. 中国食品学报, 2015 (6): 231-239.
- [11] 黄孜沛, 潘雨芹, 阚安康, 等. 不同贮藏方式对蔬菜冷藏效果的影响 [J]. 制冷技术, 2019.
- [12] 桑煜, 张慙, 肖卫民. 真空处理对蔬菜减压贮藏保鲜效果的影响 [J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37 (1): 70-75.
- [13] Li H, James A, He X, et al. Effect of hypobaric treatment on the quality and reactive oxygen species metabolism of blueberry fruit at storage [J]. CyTA-Journal of Food, 2019, 17 (1): 937-948.
- [14] Li J, Bao X, Xu Y, et al. Hypobaric storage reduced core browning of Yali pear fruits [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 225: 547-552.
- [15] 李雪华. 甜玉米及鲜食花生贮藏保鲜技术研究 [D]. 华南农业大学, 2018.
- [16] 代斌, 阚安康, 伊博. 减压近冰温贮藏对鲜切果蔬保鲜效果的研究 [J]. 食品科学与工程, 2022, 1 (1): 1-7.
- [17] 伊博, 阚安康, 代斌, 等. 减压处理对红辣椒保鲜效果的影响 [J]. 食品科学与工程, 2023, 2 (1): 1-6.