

# 减压近冰温贮藏对鲜切果蔬保鲜效果的研究



代斌\*, 阚安康, 伊博

上海海事大学商船学院, 上海 201306

**摘要:** 为探究压力、温度、是否预冷、是否使用保鲜袋对混合鲜切果蔬保鲜效果的影响。本文以苹果、草莓、马铃薯为研究对象, 将其鲜切后取适量混合, 取近冰点为 $-1^{\circ}\text{C}$ , 设置 7 个对照组: A 组 (常压, 常温); B 组 (常压,  $4^{\circ}\text{C}$ ); C 组 ( $10\text{kPa}$ ,  $-1^{\circ}\text{C}$ ); D 组 (真空预冷,  $10\text{kPa}$ ,  $-1^{\circ}\text{C}$ ); E 组 ( $10\text{kPa}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$ ); F 组 (真空预冷,  $10\text{kPa}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$ ); G 组 (不加保鲜袋, 常压, 常温) 研究其不同贮藏条件下 9 天内的保鲜效果, 通过各指标分析综合评价, 得到适合的混合鲜切果蔬贮藏保鲜方式。结果表明: 在低压近冰温环境下, 保鲜效果在贮藏实验后期较为明显, 最终感官评分最高, 失重率最低, 同比  $4^{\circ}\text{C}$  低压环境平均降低失重率 4.91%。保鲜袋的使用对果蔬失重率及外观影响最大, 使用保鲜袋同比平均可以降低 48.48% 的重量损失, 感官评分提升 1 到 3 分; 在低压高湿环境下, 苹果的重量均有所增加, 最终重量增加 0.46% 到 1.55%, 草莓的失重率最高, 可达到 22.54%。真空预冷过程使果蔬重量降低 0.76% 到 1.15%, 若后续采用低压近冰温贮藏以避免失重率激增, 最终同比减少平均失重率 7.8%。

**关键词:** 减压贮藏; 近冰温贮藏; 真空预冷; 鲜切果蔬; 失重率

**DOI:** 10.57237/j.wjfs.2022.01.001

## Study on Effect of Decompression and Near-Freezing Storage on Preservation of Fresh-Cut Fruits

Dai Bin\*, Kan Ankang, Yi Bo

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

**Abstract:** To explore the effects of pressure, temperature, precooling and use of plastic bags on the preservation effect of mixed fresh-cut fruits and vegetables. In this Paper, apples, strawberries and potatoes are taken as the research objects. After fresh cutting, an appropriate amount of them is mixed, and the near-freezing point is set as  $-1^{\circ}\text{C}$ . Seven control groups are set up: group A (normal pressure, normal temperature); Group B (atmospheric pressure,  $4^{\circ}\text{C}$ ); Group C ( $10\text{kPa}$ ,  $-1^{\circ}\text{C}$ ); Group D (vacuum precooling,  $10\text{kPa}$ ,  $-1^{\circ}\text{C}$ ); Group E ( $10\text{kPa}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$ ); Group F (vacuum precooling,  $10\text{kPa}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$ ); Group G (without fresh bag, normal pressure, normal temperature) studied its preservation effect under different storage conditions within 9 days. Through the analysis and comprehensive evaluation of various indicators, the suitable storage and preservation methods of mixed fresh-cut fruits and vegetables are obtained. The results show that the preservation effect is more obvious at the later stage of the storage experiment, the final sensory score is the highest, the weight loss rate is the lowest, and the weight loss rate is reduced by 4.91% compared with the low pressure environment at  $4^{\circ}\text{C}$ . The use of plastic

\*通信作者: 代斌, bindai0316@163.com

bags have the greatest impact on the weight loss rate and appearance of fruits and vegetables. Using plastic bags can reduce the weight loss by 48.48% on average compared with the same period, and the sensory score increases by 1 to 3 points. In the low pressure and high humidity environment, the weight of apple increases, and the final weight increases by 0.46% to 1.55%. The weight loss rate of strawberry is the highest, which can reach 22.54%. The vacuum pre-cooling process can reduce the weight of fruits and vegetables by 0.76% to 1.15%. When the low-pressure near-ice temperature storage is adopted to avoid the surge of weight loss rate, the average weight loss rate will be reduced by 7.8%.

**Keywords:** Hypobaric Storage; Near-Freezing Temperature Storage; Vacuum Pre-cooling; Fresh-Cut Fruits; Weight Loss Rate

## 1 前言

鲜切果蔬, 又名切割果蔬、轻度加工果蔬、最少加工果蔬或者预制果蔬, 是指以新鲜果蔬为原料, 经清洗、去皮、切割或切分、修整、包装等加工过程而制成的即食型果蔬[1, 2]。鲜切果蔬因其方便快捷、新鲜卫生、可食性较高、能提供优质丰富的营养来源(如维生素、矿物质和纤维素等), 从而成为重要的生鲜食品。鲜切果蔬近年来消费量增长趋势显著, 从物流配送餐饮业至超市零售, 鲜切果蔬越来越畅销[1-4]。

完整果实由于外表皮的保护作用, 使得果内部细胞间隙形成低  $O_2$  高  $CO_2$  的密闭环境, 抑制呼吸作用。新鲜果蔬经切割加工后果实组织受损, 伤害信号立即对呼吸、酚类、乙烯等代谢产生明显的影响。大面积的表面暴露及丰富的营养为微生物的侵染和生长繁殖提供了有利的环境条件, 更易受到各种污染的侵袭[2, 3, 5, 6]; 新鲜果蔬经切割加工后果实组织受损, 伤害信号立即对呼吸、酚类、乙烯等代谢产生明显的影响。首先, 组织内的酶与底物的区域化结构被破坏, 酶与底物直接接触引起果实组织产生各种生理生化反应; 其次, 组织受损后明显地促进果实呼吸作用增强, 同时刺激组织内源乙烯的产生, 加速果蔬成熟和衰老, 导致果实软化和风味变差。其次, 组织受损后明显地促进果实呼吸作用增强, 同时刺激组织内源乙烯的产生, 加速果蔬成熟和衰老, 导致果实软化和风味变差。鲜切果蔬的加工过程破坏了果蔬的区域性分布, 导致酚类化合物与多酚氧化酶接触, 并暴露在空气中, 从而促成了鲜切果蔬的酶促褐变作用[7-9]。并且不同的鲜切果蔬混合存放会导致吸附性强的果蔬吸收其他果蔬排放的乙烯, 加速了鲜切水果的老化。

减压近冰温保鲜贮藏技术是将减压保鲜和冰温保鲜相结合的技术。一般将果蔬混合存放于密闭的低压容器内, 环境温度设定为  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下冰温带内, 使用真空

泵对密闭容器抽气达到较低的贮藏压力, 依据果蔬贮藏湿度要求, 使用加湿器对罐体内进行加湿处理。此次试验设定为 95% 的高湿环境。最后使罐体内达到一种含氧量低、空气稀少、有较高湿度且温度处于果蔬冰点附近的状态, 对果蔬进行真空冰温保鲜贮藏[7-10]。真空冰温保鲜贮藏技术结合了真空保鲜和冰温保鲜技术的优点, 它能创造出一个低氧条件, 降低果蔬的呼吸强度; 并且可以极快的排出果蔬和微生物产生的乙烯、乙醛、乙醇等有害气体, 延缓果蔬的成熟和降低组织中毒可能性[11-13]; 同时由于是在冰温条件下进行的贮藏, 果蔬的呼吸作用得到了进一步的抑制, 并在一定程度上解决了鲜切果蔬失水严重, 变味及褐变快等问题, 使果蔬贮藏期得到延长[5, 6, 14]。

为探究适合混合鲜切果蔬的保鲜方式本次实验研究将苹果、草莓、马铃薯鲜切后混合存放, 设计不同的贮藏条件进行 9 天的贮藏保鲜实验, 以期对鲜切果蔬保鲜技术以及冷链物流技术的完善提供一定的理论依据和技术支持。

## 2 材料与方法

### 2.1 主要材料与试剂

马铃薯、苹果、草莓购于上海市南汇新城古棕路菜市场, 大小均匀, 无机械损伤, 无病虫害, 鲜切后无褐变, 保鲜袋来自上海复命新材料科技有限公司。

### 2.2 主要仪器与设备

真空预冷使用 ZLG0.1A 型真空预冷试验机(上海善如水保鲜科技有限公司), 如图 1 所示。真空室内尺寸 ( $L \times W \times H$ )  $500 \times 410 \times 490\text{mm}$ , 容积 100L。最低真空

度为 400Pa, 显示精度为 1Pa。预冷最低温度-5℃ 温度显示精度 0.1℃。叶菜和组织疏松的生鲜园艺产品 15℃ 冷却到 0℃ 时间<25min。



图 1 真空预冷机

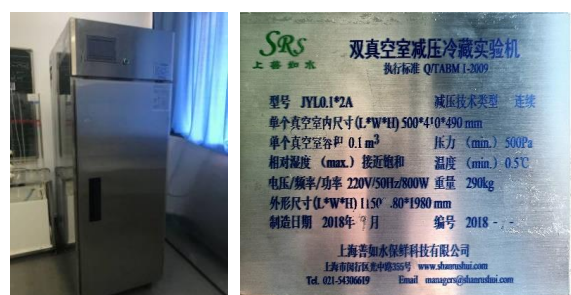


图 2 减压贮藏机

减压贮藏机为 JYL0.1×2A 型双真空室减压贮藏实 (上海善如水保鲜科技有限公司), 如图 2 所示。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的内部尺寸(长×宽×高)均为 500×410×490mm, 容积 100L。真空室内部可视。真空室内最低工作压力为 600Pa。在工作压力范围内其波动平均值不大于 ±50Pa; 加湿工况下相对湿度可达 90% 以上乃至饱和。显示精度压力 1Pa、温度 0.1℃; 换气量每小时为真空室容积的 50%~120%。

## 2.4.2 感官评价

表 1 感官评价指标。

评分	外观评分标准	褐变评分标准
0~2	异味重、表面干瘪、	严重褐变、黑褐色
2~4	有异味、表面褶皱、出现褐变、质地柔软	褐变较严重、灰色或红棕褐色
4~6	无异味、表面褶皱、色泽加深、质地松软	一般、有褐变迹象、变红褐色
6~8	香气淡、轻微褶皱、色泽稍深、质地松脆	较好、轻微褐变、颜色变深
8~10	有香气、表面饱满、色泽均匀、质地松脆	无褐变、质地良好

## 2.3 处理方法

将苹果、草莓、马铃薯鲜切后分别取适量样品放置于一个保鲜袋内 (如图 3), 根据不同的压力和温度、是否预冷分为 7 组 (如表 1)。A 组: 置于室内 (常压, 常温); B 组: 置于家用冰箱 (常压, 4℃); C 组: 置于减压贮藏机内并设置运行压力 10kPa, 温度为-1℃ 接近果蔬冰点温度 (10kPa,-1℃); D 组: 先将混合后的果蔬置于真空预冷机预冷到 2℃ 后置于减压贮藏机内并设置运行压力 10kPa, 温度为-1℃ (真空预冷, 10kPa,-1℃); E 组: 置于减压贮藏机内并设置运行压力 10kPa, 温度为 4℃ (10kPa,4℃); F 组: 先将混合后的果蔬置于真空预冷机预冷到 2℃ 后置于减压贮藏机内并设置运行压力 10kPa, 温度为-1℃ (真空预冷, 10kPa,-1℃); G 组: 将果蔬混合摆放于塑料盒中, 放置于室内作为基本对照组 (不加保鲜袋, 常压, 常温)。



图 3 混合鲜切果蔬

## 2.4 测定项目

### 2.4.1 失水率

产品失水率测定计算公式表示为:

$$\text{失水率} = \frac{\text{处理前质量 (初始重量)} - \text{处理后质量}}{\text{处理前质量 (初始重量)}} \times 100\%$$

2.5 数据处理

采用 EXCEL2019 进行数据统计，取三次重复实验数据的平均值，通过 Origin2018 作图。

3 结果与分析

3.1 苹果的品质变化

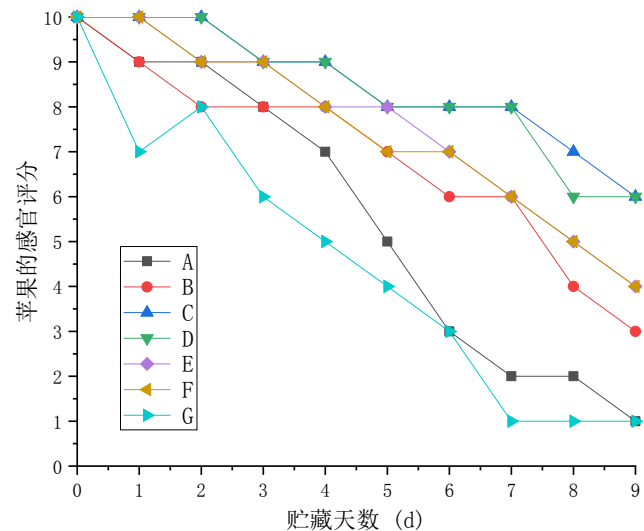


图 4 苹果的感官评分曲线

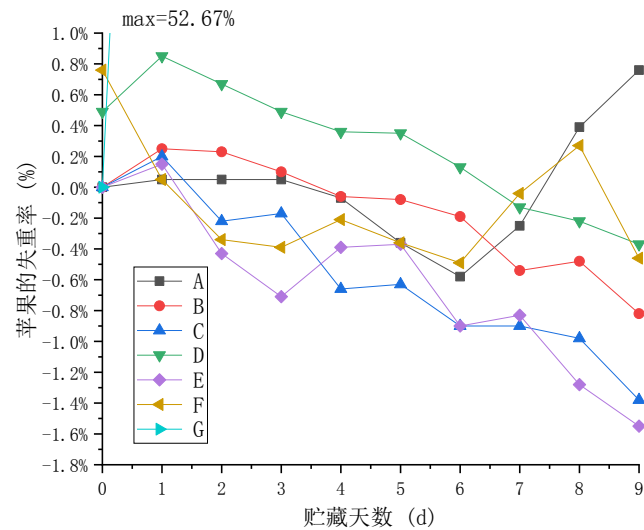


图 5 苹果的失重曲线

在常压条件下，对比 A、B 两组，在第三天时 A 组的感官评价分急剧下降，到第 7 天评分差值达到 4，之后差距逐渐减小，到第九天时两组的评分分别为 1 和 3，可见。再对比 A、G 两组，发现 G 组在前 6 天的评分下降速率较大，到第九天两组都达到 1 分，可见

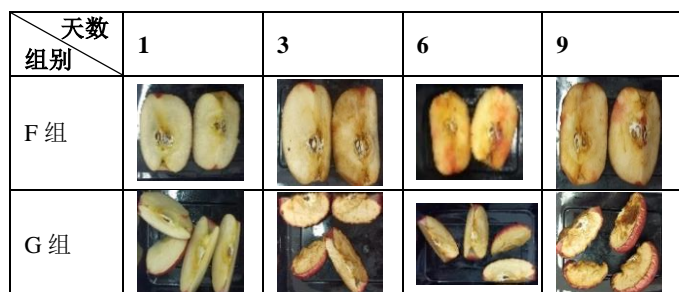
保鲜袋的保鲜效果主要体现在前 6 天，没有保鲜袋的鲜切苹果前期因为水分流失较多，到第 9 天时两者的外观差距较小。

在 10kPa 条件下，对比 C、E 两组，两者在前五天感官评分都比较接近，之后差异逐渐变大，最终分别达到 6 分和 4 分，同时再对比 D、F 两组，可见两者的差距变化与 C、E 对照组相似，可见在近冰温贮藏条件下，鲜切苹果的保鲜效果着重表现在后期，长期贮藏的外观品质表现好于冰箱 4℃ 贮藏环境。同时分别对比 C、D 组和 E、F 组，可见真空预冷处理之后再减压贮藏与直接进行减压贮藏相比，在可外观变化来说，整体差异较小。

相比于 G 组,其他对照组的鲜切苹果重量比较稳定，对比 A、G 两组可知 G 组的失水率在第一天就达到了 5%，在第 9 天时超过 50%，而 A 组在前 6 天重量都出现了波动，最后失水率逐渐增加达到了接近 1%，可见不加保鲜袋的鲜切苹果在混合存放时的重量损失十分巨大。在 10kPa 条件下，对比 C、E 两组，C 组的失水率在前 6 天稍大，最终两组的重量都增加了 1.5%，可见在高湿、低压环境下贮藏鲜切果蔬可以有效的防止重量损失，同时再对比 D、F 两组，D 组前 6 天的失水率较高，但最终重量都增加了接近 0.3%，可见冰温对失水率的影响并不大，在对比 C、D 组和 E、F 组可见真空预冷之后再减压贮藏相比于直接进行减压贮藏失水率增加接近 1%。

表 2 苹果的外观变化

天数 组别	1	3	6	9
A 组				
B 组				
C 组				
D 组				
E 组				



### 3.2 草莓的品质变化

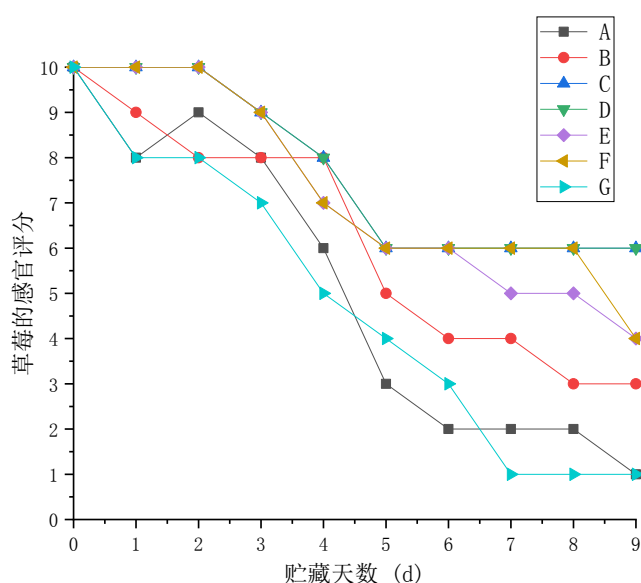


图6 草莓的感官评分曲线

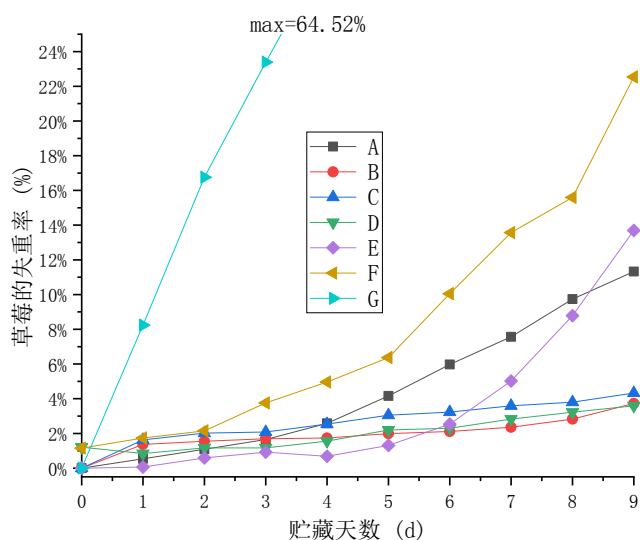


图7 草莓的失重曲线

由上图可见，G 组无论外观和失重率都是表现最差的一组,在第三天的时候，G 组的失重率就达到了 25%以



















上，第九天失重率达到了 64.52%，可见不加保鲜袋会极大的增加果蔬的失水率,进而影响到外观品质。再对比 E、F 两组，F 组相比多了真空预冷的过程，在此过程中失水率为 1.15%，之后两天失水率基本没有改变，之后缓慢增加，第五天之后陡然上升，最终失水率比没有真空预冷过程的 E 组要高 8.85%，而 C、D 组之间的差距仅为 0.74%，可见在低压近冰温环境下真空预冷会增加草莓的失水率。再对比 C、E 组和 D、F 组，两组的变量为温度，从失重曲线可见，E、F 组相比 C、D 组的失重率再第三天之后明显提升很多，可见近冰温条件相比普通冷藏条件更能再低压条件下减少草莓的失水率，且越到后期，近冰温条件下的保鲜效果相对就越好。

表3 草莓的外观变化

天数 组别	1	3	6	9
A 组				
B 组				
C 组				
D 组				
E 组				
F 组				
G 组				

3.3 马铃薯的品质变化

表 4 马铃薯的外观变化

天数 组别	1	3	6	9
A 组				
B 组				
C 组				
D 组				
E 组				
F 组				
G 组				

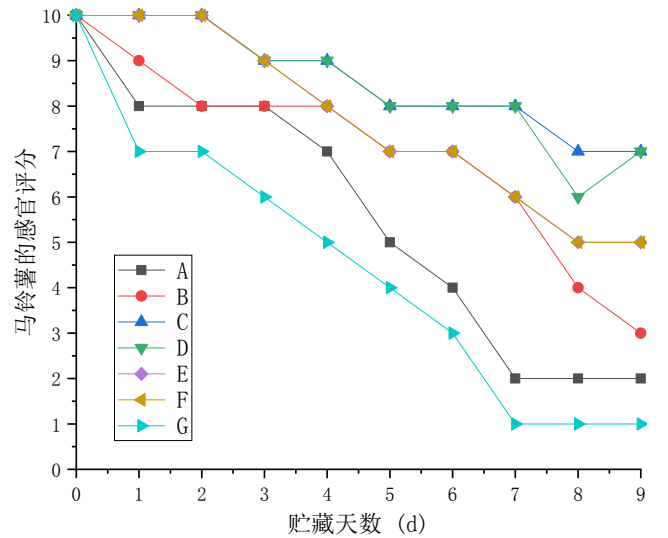


图 8 马铃薯的感官评分。

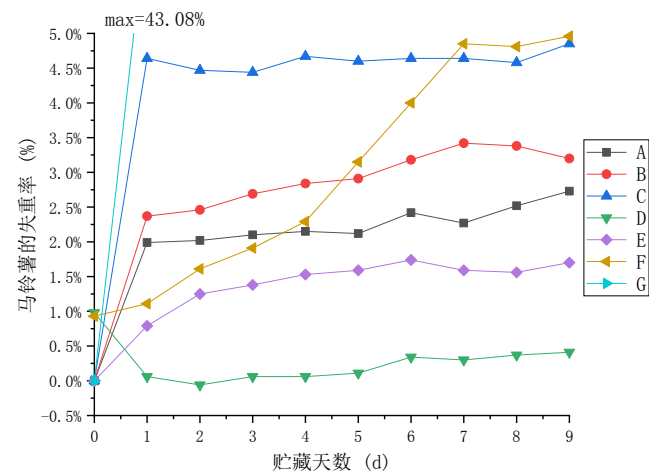


图 9 马铃薯的失重曲线

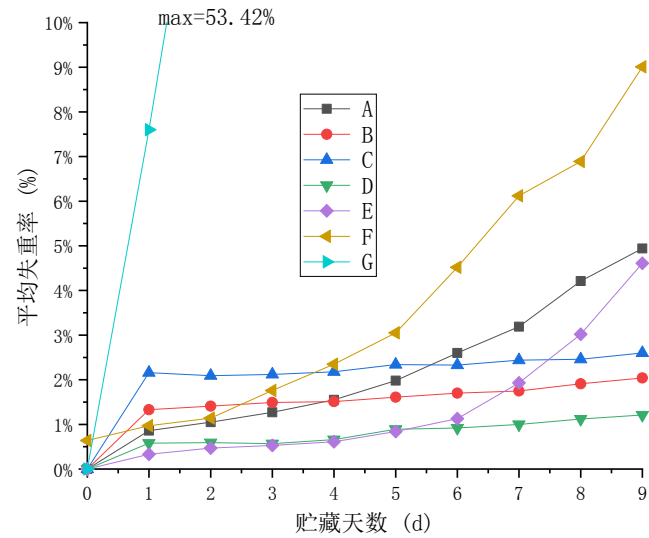


图 10 平均失重率

从上图可见，如同草莓和苹果，G 组的马铃薯第一天失重率就超过了 5%，第九天时达到了 43.08%，可见保鲜膜对马铃薯的失水率也有较大的影响。对比 A、B 两组，其变化率相似，B 组的失水率要普遍高于 A 组，这一现象也与草莓类似，可见当使用保鲜袋包装草莓和马铃薯会减少 40% 到 60% 的重量损失。A、B 组的研究变量为温度，A 组整体比 B 组的失重率低，即在加装保鲜袋的情况下，放在冰箱 4℃ 环境里相比室内环境反而会增加重量损耗，这一现象都体现在了这三种鲜切果蔬上。再对比 C、D 组可见真空预冷处理之后失重率反而能维持一个较低的水平，这与苹果和草莓相背，可能是由于草莓苹果的部分稀物质粘附到了马铃薯上。再对比 E、F 组可见在真空预冷之后反而失重率上升，且上升速率随时间增加越来越高，所以在近冰温条件下对鲜切马铃薯进行减压贮藏时进行真空

预冷处理可以减缓马铃薯的重量损失。从外观变化来看,在近冰温条件下贮藏取得了最佳的保鲜效果,对比4℃条件有2到3分的感官品质提升。

## 4 结论与讨论

上述实验结果表明,保鲜袋的使用可以大幅降低鲜切果蔬的失重率,在低压环境下,近冰温混合贮藏鲜切果蔬同比可以增加2到3分外观品质,平均降低4.91%的失重率。常压下装袋4℃贮藏相比常温条件初期的失重率较高,之后失重率变化幅度较小,而常温条件下失重率一直线性上升,最终平均失重率同比增加2.9%。冷藏苹果在与草莓马铃薯混合贮藏时重量有所增加,草莓的失水现象最为严重,且外观品质同样变化较快,用保鲜袋包装的各组马铃薯外观差异不大。在减压贮藏前先进行真空预冷,若后续贮藏温度为4℃普通冷藏环境,失重率会在第二天、第五天、第八天急剧增长;若后续贮藏温度控制在-1℃的近冰温环境可以避免失重率激增,最终同比减少失重率7.8%。在减压近冰温条件下,混合包装的鲜切果蔬表现为对品质降低的延迟或延缓。该研究结果对于确定鲜切果蔬适宜的贮藏条件,指导不同鲜切果蔬贮藏保鲜研究、减少水分损失具有一定的意义,同时也可作为减压贮藏技术与冰温技术在实际生产上的推广应用提供了理论依据。

减压贮藏和冰温保鲜技术作为新型的保鲜技术,对于易腐农产品的保鲜效果相较于传统低温冷藏有较大的提升和改进空间。本文仅研究了几种鲜切水果的表观变化和重量变化,研究变量还可以得到更多微观层面的扩展。通过使用多种新型保鲜技术结合的思路可以应用在整个果蔬的冷链环节,如结合果蔬采后的真空预冷处理,减压短期处理技术。只有构建先进完整的冷链系统,才能最大程度延长易腐果蔬的货架期。

## 参考文献

[1] 李路遥,程朝辉,刘长虹,等.鲜切水果品质控制研究进展[J].食品工业,2016,37(7):252-255.

- [2] 鞠天奎.鲜切水果加工工艺及保鲜技术[J].中国果菜,2019,39(6):12-15.
- [3] 宋欣纯,管馨馨,陈晨,等.鲜切苹果褐变机理及物理保鲜技术研究进展[J].现代园艺,2019,375(3):7-8.
- [4] 于皎雪,胡文忠,赵曼如,等.鲜切西兰花保鲜技术研究进展[J].食品与发酵工业,2019,45(15):288-293.
- [5] 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.
- [6] 张欢欢,李亚玲,崔宽波,等.近冰温贮藏对杏果实冷害及细胞壁代谢的影响[C].中国食品科学技术学会第十七届年会摘要集,2020:514-515.
- [7] 郑先章,郑邵,熊伟勇.减压处理保鲜技术研究与应用前景[J].保鲜与加工,2017,17(3):124-128,132.
- [8] 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.
- [9] 侯建设,田莹,郑先章,等.减压冷藏短时处理对冷链断链条件下果蔬保鲜期影响的初步研究[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2016,23(6):442-445.
- [10] 张新宪,焦旋,张立新,等.压差预冷对青椒货架期品质及相关酶活性的影响[J].食品科技,2020,45(11):44-50.
- [11] Huang Z, Kan A, Lu J, et al. Numerical Simulation and Experimental Study of Heat and Mass Transfer in Cylinder-like Vegetables During Vacuum Cooling[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2021, 68: 102607.
- [12] Wang N, Kan A, Mao S, et al. Study on Heat and Mass Transfer of Sugarcane Stem During Vacuum Pre-cooling[J]. Journal of Food Engineering, 2021, 292: 110288.
- [13] 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.
- [14] 张哲,陈佳楠,张志强,吴巧燕,张平,朱志强,王飒飒.冰温对葡萄质地结构参数及代谢速率的影响[J].食品科技,2019,44(11):47-52.