

减压处理对红辣椒保鲜效果的影响



伊博¹, 阚安康^{1,*}, 代斌¹, 王宁¹, 宋立吉²

¹上海海事大学商船学院, 上海 201306

²上海善如水保鲜科技有限公司, 上海 200102

摘要: 减压贮藏作为食品保鲜技术的第三次技术革命具有无污染、操作简单。安全性高等优点。VC 是人类生命活动中必不可少的营养物质, 人体无法自身合成, 只能来源与食物。红辣椒维生素 C 含量居蔬菜首位, 由于其成熟于夏季, 不耐贮藏, 故通过一定方法去延长红辣椒的贮藏时间具有很大必要性。为研究减压处理对红辣椒采后贮藏效果的影响, 采用减压贮藏试验设备进行红辣椒采后贮藏保鲜试验。分析了减压贮藏对红椒外观、失水率和 VC 含量的影响。采用 2, 6—二氯靛酚标准溶液分别测定经减压冷藏 48h+冰箱冷藏、减压冷藏 24h+冰箱冷藏、冰箱冷藏后红辣椒中 VC 的含量分别为 109mg/100g、138 mg/100g、96 mg/100g。经沸水处理后含量分别为 99mg/100 g、129g/100 g、90g/100 g。对比试验显示, 经减压冷藏 24h+冰箱冷藏处理后红辣椒的 VC 含量最高。减压贮藏能显著维持红辣椒外观, 延缓 VC 含量降低, 减少失重。研究结果表明, 减压贮藏对红辣椒保鲜具有显著效果。

关键词: 减压贮藏; 红辣椒; VC; 失重率; 食品保鲜

DOI: [10.57237/j.wjfse.2023.01.001](https://doi.org/10.57237/j.wjfse.2023.01.001)

Freshness Preservation Effects of Hypobaric Storage on Red Pepper

Yi Bo¹, Kan Ankang^{1,*}, Dai Bin¹, Wang Ning¹, Song Liji²

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

²Shanghai Shanru Water Preservation Technology Co., Ltd, Shanghai 200102, China

Abstract: As the third technological revolution of food preservation technology, decompression storage is non-polluting and simple to operate. High security advantages. VC is an indispensable nutrient in human life activities, and the human body cannot synthesize it by itself, but can only source and food. The vitamin C content of red pepper ranks first in vegetables, because it is ripe in summer, it is not resistant to storage, so it is necessary to extend the storage time of red pepper through certain methods. To study the effects of hypobaric storage treatment on the postharvest storage of red pepper, the experiment of red pepper was carried out. The effects of hypobaric storage on the appearance, water loss rate and VC content were analyzed. 2,6-dichloroindophenol standard solution was involved, and the content of VC in red pepper was collected. Three methods, that is, 48h hypobaric storage+ refrigerator refrigeration, 24h hypobaric storage+ refrigerator refrigeration and refrigerator refrigeration were taken. The VC contents were 109mg/100 g, 138 mg/100 g and 96 mg/100 g respectively after the experiment. However, after boiling water treatment, the content were 99mg/100 g, 129g/100 g and 90g/100 g, respectively. 24h hypobaric storage+ refrigerator refrigeration was much better in the comparison. Hypobaric storage can significantly maintain the appearance of red pepper, delay the reduction of VC

基金项目: 国家自然科学基金联合基金(核技术)重点支持项目 (U2167214).

*通信作者: 阚安康, ankang0537@126.com

收稿日期: 2022-09-26; 接受日期: 2022-11-07; 在线出版日期: 2023-04-25

<http://www.wjfse.com>

content, and reduce the weight loss. The results showed that hypobaric storage had a significant effect on the freshness preservation of red pepper.

Keywords: Hypobaric Storage; Red Pepper; VC; Weight Loss; Freshness Preservation

1 引言

减压贮藏，又称负压贮藏或低压贮藏，继冷藏和气调贮藏技术之后发展起来的，被誉为食品保鲜技术上的第三次革命[1, 2]。1960年美国科学家 BURG 首次提出减压贮藏理论，即利用人工制冷和真空泵减压技术达到迅速降氧、降压和降温的目的，这不仅可迅速排除贮藏环境中的乙烯、乙醇、乙醛等有害气体，还能减少微生物侵害及生理病害，从而提高贮藏果蔬品质、延长果蔬货架期[3, 4]。作为一种新一代绿色无污染的食品物理保鲜技术，减压贮藏具有操作简便、无化学药剂污染、食用安全性高等优点。其原理是真空泵通过对真空室连续抽出空气，同时把湿润的新鲜空气送进真空室，新鲜空气在真空室快速膨胀，气体组分的分压相应降低。极低的 O₂ 和 CO₂ 浓度能有效阻止微生物的繁衍，急剧下降的压力可以杀死细菌，防止细菌滋生。减压贮藏能够降低果蔬的呼吸和传热能力，促进果蔬组织内有害气体向外扩散。由于其原理和技术上的先进性，使易腐难贮果蔬的保鲜效果比单纯冷藏和气调贮藏有了很大提高，可达到其他常规保鲜技术难以实现的保鲜效果，被称之为“21世纪保鲜新技术”[5]。故而，减压贮藏因其技术上的先进性，受到从事食品贮藏保鲜研究人员及企事业单位的关注。

辣椒是深受人们喜爱的一种蔬菜，双子叶植物纲、茄科、辣椒属，原产于美洲热带和亚热带区域，现在世界范围内被广泛种植，在中国也具有相当悠久的种植历史，且分布范围广阔，种类繁多[6]。辣椒和其他食材搭配，具有增味、激发食欲、杀菌、防腐、调味、营养、驱寒等功能[7]。辣椒除了能激发食欲，还含有许多对人体健康有益的物质，其中就包括含量丰富的维生素 C(Vitamin C, 又名 L-抗坏血酸(ascor-bic acid), VC)。VC 是人类生长发育过程中必需的营养元素，它对生长素和酶活性具有调节作用，可加快身体对铁的吸收和利用，能让人体造血功能明显提高，降低缺铁性贫血的发病率；抑制黑色素的生成，淡化色斑，美白肌肤，加快人体代谢，排毒养颜；保护肝脏，修复受损的肝细胞，减少病毒对人体肝脏的伤害，促进

肝糖原的合成，预防肝炎和肝硬化以及脂肪肝等多种疾病，严重缺乏会引起严重的坏血病[8]。人体对于 VC 的获取来自体外，从食物中获取。维生素的含量也就成了衡量果蔬品质的重要指标[9]。辣椒富含维生素 C，其每百克辣椒维生素 C 含量高达 198 毫克，居蔬菜之首。由于辣椒的成熟在夏季，采摘温度较高，传统的预冷方法速度慢、效率低，往往还没有预冷到适应的温度就需要装车运往各地销售，这样就会造成更多的腐烂[10-12]。在之前的研究中，有学者采用压差预冷的方式，抑制叶绿素和 VC 含量的降低，延缓了失重率的升高；也有采用保鲜膜包装、辐射、气调以及温度调节等物理保鲜法和各类化学药物添加剂保鲜等。少有学者采用低温低压处理。因此，对辣椒采用减压冷藏短期处理，以冰箱冷藏作为对照，测量各组分的 VC 含量，探究压差式保鲜技术对红辣椒 VC 含量的影响具有重要意义。

2 材料与方法

2.1 材料与设备

2.1.1 材料

试验红辣椒采摘于云南省文山市马关县天成农业有限公司，选取大小均匀，成熟度适中，无机械损伤，无病虫害，无机械损伤，无腐烂的红辣椒作为试验材料。

2.1.2 设备

研究所涉及到的设备主要有：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；i2000 型电子秤，精度为 0.01g；BCD-20 (KK20V40TI) 型冰箱，精度为 1℃；锥形瓶 (50ml)；移液管 (1ml, 10ml)；容量瓶 (100ml)；微量滴定管；白陶土。

2.2 试验方法

2.2.1 VC 含量的测定

依据 GB/T 6195-1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯靛酚滴定法)》。

2.2.2 试剂

0.01% 抗坏血酸溶液；0.01% 2,6-二氯靛酚溶液；1% 和 2% 草酸溶液。

2.2.3 试验原理

辣椒中 VC 含量非常高，本试验采用 2,6-二氯靛酚滴定法检测辣椒中 VC 含量。氧化型的 2,6-二氯靛酚在酸性溶液中呈红色，在中性或碱性溶液中呈蓝色。所以，当用 2,6-二氯靛酚滴定含有抗坏血酸的酸

性溶液时，在抗坏血酸全部被氧化后，再滴下的 2,6-二氯靛酚将立即使溶液呈淡红色，从而显示到达滴定终点。根据滴定消耗溶液的体积，就可以计算出 VC 的含量[13]。

2.2.4 试料处理

将新鲜、无机械损伤的红辣椒使用蒸馏水洗净，平均分成质量均等的 3 组，B1 组采用减压冷藏 48h，然后取出放置冰箱冷藏，B2 组采用减压冷藏 24h，然后放置冰箱冷藏，B3 组则一直采用冰箱冷藏。B1、B2 冰箱冷藏 10d，减压冷藏环境为 1500Pa，10 ℃，相对湿度 95%。然后将 3 组在常温常压下放置 3d，最后将其煮熟，每次处理结束后，分别测量 VC 含量，通过测量多组样品取平均值，观察不同处理方式对红辣椒 VC 含量的影响。

表 1 序号和测点对应关系

对应关系		检测点 1	实验刚开始时
B1	减压冷藏 48h+冰箱冷藏	检测点 2	B1、B2 减压结束，B3 第 2d
B2	减压冷藏 24h+冰箱冷藏	检测点 3	B1、B2、B3 冷藏第 10d
B3	冰箱冷藏	检测点 4	常温常压放置 3d

2.3 试剂配制

0.01% 2,6-二氯靛酚溶液：称取碳酸氢钠 52 mg 溶解于 100mL 热蒸馏水的烧杯中。称取 $\text{C}_1\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ 50 mg，溶解于上述所得的碳酸氢钠溶液中，定容至 250 mL。用普通漏斗过滤 2,6-二氯靛酚溶液将其转移至棕色瓶内，保存在 4~7 ℃ 阴凉且干燥的环境里。每次使用前，需用新配制的 VC 标准溶液标定 $\text{C}_1\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ 的滴定度。

VC 标准溶液：称取 10mg 抗坏血酸，溶解于草酸溶液中，定容至 100 mL。

标定：吸取刚配制的 VC 标准溶液 1 mL 于 25 mL 的锥形瓶中，加入 20 g/L 的 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 溶液 10 mL，摇匀，用 $\text{C}_1\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ 溶液滴定到出现粉红色为止。且保持在 15 s 内不褪色。采用同样的操作，另外取 10 mL $\text{C}_1\text{H}_6\text{Cl}_2\text{NNaO}_2$ 做空白试验[14]。

2.4 VC 的计算

使用 2,6-二氯靛酚滴定法，吸取标准抗坏血酸溶液 1mL、1% 草酸溶液 9ml，用 2,6-二氯靛酚溶液滴定，至粉红色出现且 15s 不褪色，再按照用量计算出 1mL 2,6-

二氯靛酚溶液所含 VC 的总毫克数。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 2,6-二氯靛酚溶液滴定，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，按公式(1)计算：

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

式中，V—滴定样品所用染料的体积，mL；

V_1 —滴定空白所用染料的体积，mL；

A—1mL 染料中 VC 的含量，mg/100g；

W—滴定时吸取样品液中含样品克数，g。

2.5 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，按公式（2）计算：

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

式中：μ—失水率；

m_1 —储藏前的质量，g；

m_2 —储藏后的质量，g；

3 实验结果与分析

3.1 对照组外观变化

每个处理阶段结束后, 对红辣椒外观观察, 结果

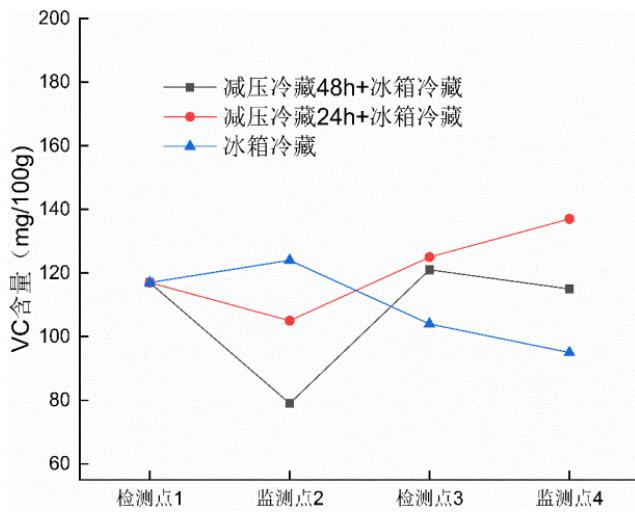
如图 1 所示, B1、B2 减压冷藏结束后, 并无明显的差别, B3 组表皮轻微软化, 冰箱冷藏 10d 结束后, 3 组都没有霉变, 但 B1 组硬度保持更好, 常温常压放置 3d 后, B2、B3 组辣蒂出现霉变, B3 组感官品质下降最为明显



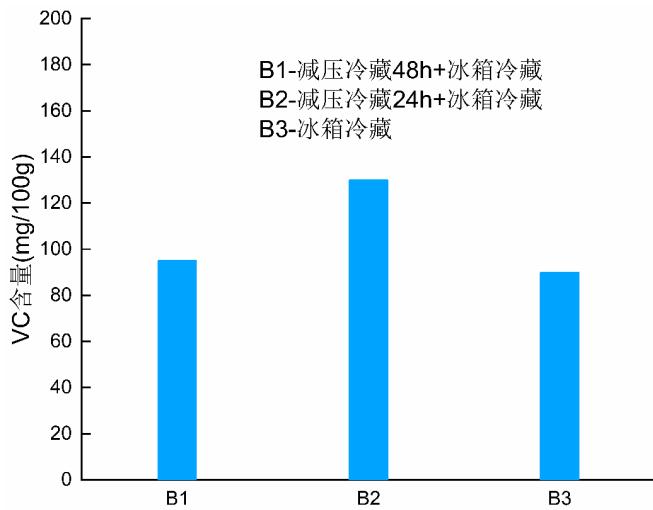
图 1 不同处理方式红椒的外观变化

3.2 VC 含量的变化

维生素 C 即抗坏血酸, 其含量多少是衡量果蔬影响品质的重要指标之一, 也是反映果蔬抗衰老、抗逆境能力的一个指标[15]。在不同存储方式下红椒 VC 含量测量变化对照如图 2 (a) 所示。



(a) 不同存储方式 VC 变化对照



(b) 沸水处理后 VC 变化对照

图 2 不同处理方式下 VC 的含量

通过对照发现, 不同存储方式下 VC 变化趋势基本相似, 都略微下降然后逐渐上升然后下降。该变化趋势与杨冲等[16], 对空心菜在不同贮藏温度下的维生素 C 的含量变化一致。红辣椒在离开植物体后, 失去株体

后, 组织的新陈代谢加强, 及组织不断衰老, 调动了自身的抗衰老机制, 糖类物质不断合成抗坏血酸[17]。随着贮藏时间的延长, 红辣椒衰老加快, VC 被大量消耗, 含量迅速降低。在监测点 1 各组的 VC 含量都是

118mg/100g, 含量无差别。与 B1、B2 组红辣椒 VC 含量变化不同的是 B3 组红辣椒 VC 含量呈上升趋势, 达到 125mg/100g, 随后在监测点 2 和监测点 3, VC 含量逐渐下降。减压冷藏 48 小时后进行冰箱冷藏的效果不如减压冷藏 24 小时后进行冰箱冷藏的效果, B2 组 VC 含量在各个监测点均优于 B1 组。B2 组相对于 B1 组整体具有明显优势, 二者 VC 含量均好于对照组 B3 冰箱冷藏。实验结束后, B2 组含量 138mg/100g, 高于 B1 组 109mg/100g, B3 组含量为 95mg/100g, 是唯一含量降低到 100mg/100g 的组别。将 3 组红辣椒样品置于 100 摄氏度的水中煮 5min, 然后晾干后测量各组红辣椒 VC 含量, VC 含量变化如图 2 (b) 所示。对照发现, 经沸水处理后, 三组样品中 VC 含量都呈现明显下降趋势, 减压冷藏 24h (B2 组) VC 含量最高, VC 含量分别下降了 10 mg/100g、9 mg/100g、6 mg/100g。结果表明, 经过沸水处理后红辣椒 VC 会遭到破坏。

3.3 失水率的变化

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[18]。采后果蔬在贮藏期间仍进行着呼吸作用, 水分、有机物等营养物质被不断消耗。水分是维持红辣椒细胞活动的主要成分, 水分充足, 细胞组织才会保持膨胀, 使红辣椒保持坚挺脆嫩的状态[19]。红辣椒失重主要是水分的损失导致的。水分损失主要是由红辣椒自身的呼吸作用和红辣椒细胞组织和外界的空气水势梯度造成的。

每个处理阶段结束后, 对红辣椒进行质量测量, 不同处理方式下红辣椒的失重率变化结果如图 3 所示。随着贮藏时间的增加, 各种处理方式下的红辣椒失重率都是逐渐上升。红辣椒细胞为维持基本的生理活动, 通过呼吸作用消耗的生活物质越来越多, 红辣椒的失重率也越来越快。该结果与王磊明等[20], 对不同贮藏温度下蓝莓的贮藏期失重率表现变化基本一致, 温度越高, 蓝莓的失重率变化越快。B1、B2 减压冷藏结束后, 差别不大, B3 组表皮轻微软化, 冰箱冷藏 10d 结束后, 各组变化较为明显, 减压冷藏 24h+冰箱冷藏在失水率方面优于其他两组, 单独冰箱冷藏的失水率最高。经过减压冷藏后, 红辣椒的生命活动强度被抑制, 营养物质消耗量更小, 水分损失更小。在检测点 2, B3 的失重率达到 0.8%, 高于 B1 的 0.7% 和 B2 的 0.58%。与检测点 2 相比, 检测点 3 的失重率激增, 特别是 B3 组红辣椒的失重率达到了 1.5%, 远高于 B1 组和 B2 组。

在实验末期 B3 组红辣椒的失重率达到 2.0%, B1 的失重率在 1.4%, B2 的失重率升高到 1.3%。B1 组和 B2 组经减压处理后其失水率变化趋势基本相同, 且 B2 组失重率整体低于 B1 组, 说明减压冷藏时间过长会导致失重率上升。

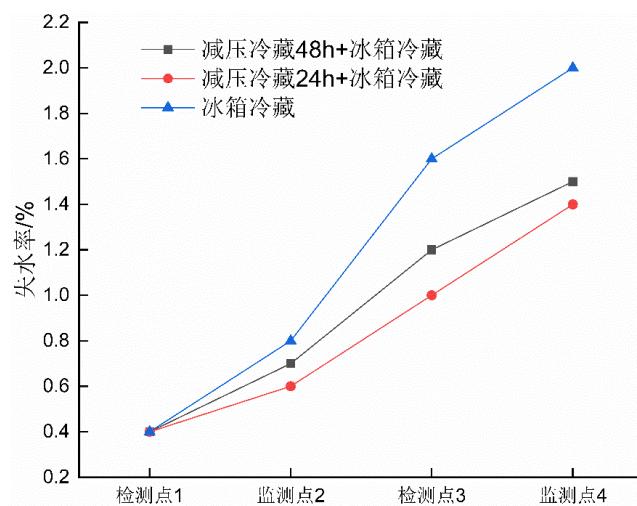


图 3 不同储藏方式对红椒失水率的影响

4 结论

减压储藏技术作为一种低温低压贮藏技术, 可以抑制果蔬的呼吸作用, 延缓其衰老和萎蔫。本实验以红辣椒为样品, 对红椒进行 3 种工艺处理, 即 B1 组减压冷藏 48h+冰箱冷藏, B2 组减压 24h+冰箱冷藏, B3 组冰箱冷藏, 通过对红椒外观、失水率和 VC 含量的研究, 得出如下结论:

- (1) 经过减压处理的 B1、B2 具有良好的外观及新鲜度, B1 组实验结束时仍没有霉变, 而 B2、B3 组辣蒂出现霉变, 没有经过减压处理的 B3 组霉变最为严重。减压处理有助于红辣椒的贮藏, 可以延缓其霉变, 保持较高的商品价值
- (2) 通过对 B1、B2、B3 组对比分析得出, B2 组减压冷藏 24h+冰箱冷藏失水率较之其他两组最低, 单独冰箱冷藏的 B3 失水率最高。减压冷藏有助于降低失水率, 但 48h 减压冷藏的失水率高于 24h 减压冷藏, 过长的减压冷藏时间会使失水率上升。在实验终期, 不同处理方式的失重率分别达到 1.4%、1.3% 和 2.0%。
- (3) 通过对 B1、B2、B3 组分析得出, B2 组减压冷藏 24h+冰箱冷藏, 红椒的 VC 含量保持最高。煮熟后, 同样是 B2 组 VC 较高。在检测点 4, 各组的

VC 含量分别为 109mg/100g、139mg/100g、95mg/100g。经过煮熟后各组维生素 C 含量分别下降了 10mg/100g、9mg/100g、6mg/100g。减压贮藏技术可提高采后红辣椒的贮藏保鲜品质。果实的贮藏保鲜效果与其品种、成熟度、产地等因素也有很大关系; 减压结合其他贮运技术的协同保鲜, 可有助于提升果蔬的综合保鲜品质。基于减压贮藏保鲜机理和工艺参数的基础上, 研发高效节能的果实低压冷藏装备对于减压贮藏保鲜技术的推广应用具有重要意义。

参考文献

- [1] BURG S P, 郑先章. 中西方减压贮藏研究概述 [J]. 制冷学报, 2007 (2): 1 - 7.
- [2] 陈敬鑫, 徐帆, 葛永红, 等. 采后果实减压贮藏技术的研究进展 [J]. 食品与发酵工业, 2021, 47 (8): 250 - 255. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025651
- [3] Dai, B., Kan, A., Li, F., Gao, J., Yi, B., Cao, D., A cross-regional thermohydro transport model for vacuum pre-cooling, Journal of Food Engineering [J]. 2022, DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111066.
- [4] 张雪丹, 刘伟, 孙山, 郝传浩, 李桂祥, 辛力. 短时减压处理方式对‘寒露蜜’桃果品质的影响 [J]. 山东农业科学, 2019, 51 (12): 43-47. DOI: 10.14083/j. issn. 1001-4942. 2019. 12. 009.
- [5] 杨超, 李伏亮, 代斌, 阚安康. 负压环境下荔枝保鲜数值分析及实验研究 [J/OL]. 食品与发酵工业: 1-11 [2022-07-07]. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.028674.
- [6] 李莉, 田士林, 姜俊. 干旱胁迫对辣椒叶片水势及果实 Vc 含量的影响 [J]. 河南科技大学学报 (自然科学版), 2016, 44 (04): 8-11.
- [7] 彭琼, 童建华, 柏连阳, 萧浪涛. 干旱胁迫对辣椒果实中辣椒素、二氢辣椒素及 VC 含量的影响 [J]. 中国蔬菜, 2015 (12): 44-47.
- [8] 张正周, 刘继, 郭奇亮, 郑旗. 减压处理对菠菜采后保鲜效果的影响 [J]. 农业与技术, 2017, 37 (07): 33-34.
- [9] 苑静, 吴方丽, 王绍云. 甜藤汁对饼干中 VC 含量的影响 [J]. 山东化工, 2021, 50 (20): 111-113+118. DOI: 10.19319/j.cnki. issn. 1008-021x. 2021. 20. 040.
- [10] Yusuf Rachmiwati, Fuadi Indra, Istina Ida Nur, Swastika Sri, Fahrni Anis. Extract of fermented plants to increased content of vitamin c, total phenol and antioxidant of mustard greens [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 803 (1).
- [11] 畅晓洁. 不同成熟度红枣的酚类物质、有机酸、三萜酸、VC 含量及其抗氧化活性研究 [J]. 保鲜与加工, 2021, 21 (02): 28-32.
- [12] 武丽娜, 何华容, 武延生, 牛伟涛. 野生酸枣叶中蛋白质、Vc 和矿物质含量的测定 [J]. 现代园艺, 2021, 44 (03): 40-41. DOI: 10.14051/j.cnki.xdy.2021.03.015.
- [13] 邹荣. 不同水果中维生素 C 含量的测定及其影响因素研究 [J]. 食品安全导刊, 2021 (21): 190-192. DOI: 10.16043/j.cnki.cfs.2021.21. 093.
- [14] 张瑞祥, 米富丽, 马慧霞, 花丽, 陈红芝. 市场上常见辣椒品种的维生素C和辣椒碱含量分析 [J]. 现代食品, 2021 (19): 215-217. DOI: 10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2021.19.057.
- [15] Stanley P. Burg, Thomas L. Davenport. Heat transfer, mass transport and horticultural commodity water loss during hypobaric storage [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 225.
- [16] 杨冲. 空心菜采后贮藏保鲜技术的研究 [D]. 上海海洋大学, 2019. DOI: 10.27314/d.cnki.gsscu.2019.000289.
- [17] 徐冬颖, 史君彦, 郑秋丽, 左进华, 高丽朴, 王清. 臭氧处理对菠菜采后保鲜效果的影响 [J]. 北方园艺, 2018 (12): 125-130.
- [18] 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.
- [19] 李可昕, 张超凡, 刘佩治, 赵玉梅, 曹建康. 鲜黄花菜衰老机制与采后贮藏保鲜技术研究进展 [J]. 食品科学, 2022, 43 (17): 398-404.
- [20] 王磊明. 蓝莓鲜果冷链贮藏保鲜技术研究 [D]. 东北林业大学, 2018.

作者简介

阚安康

1981 年生, 博士, 博士后, 高级工程师, 主要研究方向: 食品冷藏保鲜技术.

E-mail: ankang0537@126.com