

分类号：
学号：20222111050

密级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



不同保鲜处理对蟠桃采后冷藏及货架期品质、糖酸风味影响的研究

学位申请人

张可心

指导教师

陈计峦 教授

宋方圆 副研究员

申请学位类别

专业硕士

专业名称

食品加工与安全

研究领域

果蔬贮藏与加工

所在学院

食品学院

中国·新疆·石河子

2024年6月

分类号：
学号：20222111050

密级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



不同保鲜处理对蟠桃采后冷藏及货架期品质、糖酸风味影响的研究

学位申请人	张可心
指导教师	陈计峦 教授 宋方圆 副研究员
申请学位类别	专业硕士
专业名称	食品加工与安全
研究领域	果蔬贮藏与加工
所在学院	食品学院

中国·新疆·石河子

2024年6月

**Effects of different preservation treatments on the quality, sugar
and acid flavour of peach during post-harvest refrigeration and
shelf life**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Agriculture

By

Zhang Ke-xin

(Fruits and Vegetables Storage and Processing Engineering)

Dissertation Supervisor: Prof. Chen Ji-luan

June, 2024

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所提交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：张可心

时间：2024年5月15日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：张可心

时间：2024年5月15日

导师签名：张可心

时间：2024年5月15日

摘要

蟠桃是新疆特色水果代表之一，其以皮薄汁多鲜脆可口的优势和较丰富的营养成分深受消费者喜爱。蟠桃生产季节性强，采收期为夏季高温天气，极易受到病原菌的侵染，采后处理不当 2-3 天果实便会迅速衰老软化、腐烂，长期冷藏果实易发生冷害，表现为果皮褐变（Peel broening, PB）、果肉絮败等症状，制约蟠桃市场拓展和产业发展。因此，亟需经济、高效的贮藏保鲜方法来延缓果实成熟衰老，达到延长蟠桃货架期的目的。课题组前期自制筛选出的保鲜纸表明可达到抑制微生物滋生、推迟果实后熟进程，延缓果实衰老的作用的目的。大量研究表明 NO 能够缓解果实冷害症状，保证果实贮藏品质。因此为了找到蟠桃采后最佳的保鲜方法，本实验采用程序降温（Low temperature conditioning, LTC）协同保鲜纸（LJ）、LTC 协同 NO 熏蒸处理（LN）、LTC 协同保鲜纸+NO 熏蒸（LJN）、LTC 作对照（LCK），直接冷藏协同保鲜纸（DJ）、直接冷藏协同 NO 熏蒸（DN）、直接冷藏协同保鲜纸+NO 熏蒸（DJN）、直接冷藏作对照（DCK）保鲜方式分析八组处理蟠桃贮藏期间和货架期的贮藏品质、抗氧化性、糖酸风味的影响，为蟠桃贮藏保鲜的应用提供理论依据和技术支持。主要研究结果如下：

（1）不同处理对蟠桃冷藏期间及货架期生理品质的影响

DJ、DN、DJN、LJ、LN、LJN 处理在一定程度上保鲜效果均优于两组对照，其中 LJ 与 DJ 显著降低果实 PB 指数。LJN 和 DJN 可以有效维持较高的果实硬度，并在贮藏期及货架期保持较高的可溶性固形物含量，抑制可滴定酸含量的下降和乙烯生成量。直接冷藏可保持更大硬度，抑制乙烯含量上升效果显著。LTC 对保持 TA，SSC 含量，降低失重率和褐变指数效果优于直接冷藏。总体 LTC 维持蟠桃生理品质效果更显著。

（2）不同处理对蟠桃冷藏期间及货架期抗氧化酶活性的影响

LN 处理可有效抑制贮藏后期相对电导率和 MDA 的升高，保持完整细胞膜结构，效果优于保鲜纸处理，LJN 处理可以延缓蟠桃果实贮藏后期 POD、SOD、CAT、APX 等抗氧化酶活性的降低；有效抑制贮藏期和货架期 PPO 和 LOX 活性的升高，延缓果实衰老进程。LJN，DJN 联合处理组对维持果实抗氧化相关酶活性效果显著优于单一处理组，并且在货架期仍能使抗氧化相关酶活性保持较高水平，对提高果实贮藏品质，延长贮藏期和货架期有一定的积极作用，经数据分析综合得出 LJN 与 DJN 保持果实贮藏品质及抗氧化酶活性效果最佳。

（3）最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期糖酸风味及相关酶的影响

测定了 LJN 与 DJN 组果实中蔗糖、葡萄糖、果糖，结果表明 LJN 处理组对贮藏期及货架期果实蔗糖保持效果显著。测定了有机酸、苹果酸、奎宁酸、柠檬酸，发现 DJN 处理组在货架期抑制苹果酸与柠檬酸含量下降效果较好，而 LJN 处理组在贮藏期间可保持果实较高含量的奎宁酸。DJN 与 LJN 均可显著提高果实有机酸含量。经程序降温处理的 LJN 处理组，提高蔗糖代谢相关酶 SS、SPS、AI、NI 的活性效果显著，有利于蔗糖的积累，以及葡萄糖和果糖的转化，为果实甜味口感提供保障。

综上 LJN、DJN 可保证蟠桃采后贮藏期及货架期品质，提高果实抗氧化性，保持糖酸风味水平，复合保鲜效果优于单一保鲜处理。此外，LTC 处理组效果整体优于直接冷藏组，对今后蟠桃保鲜实际应用具有一定的参考价值。

关键词：蟠桃；程序降温；生理品质；抗氧化性；糖酸风味

Abstract

Peach is one of the representatives of Xinjiang special fruit, its thin skin, juicy fresh and crispy advantages and rich in nutrients loved by consumers. Peach production seasonality, harvesting period for the summer hot weather, very susceptible to pathogenic bacteria infestation, improper post-harvest treatment of 2-3 days of fruit will be rapidly aging, softening, rotting, long-term refrigeration of the fruit is prone to cold damage, the performance of the peel browning (Peel broening, PB), flesh flocculation and other symptoms, restricting the expansion of the peach market and industrial development. Therefore, there is an urgent need for economical and efficient storage and preservation methods to delay fruit ripening and senescence, and to achieve the purpose of prolonging the shelf life of peach. The freshness preservation paper produced by the group showed that it could inhibit the growth of microorganisms, delay the fruit ripening process, and slow down the aging of the fruit. A large number of studies have shown that NO can alleviate the symptoms of cold damage to the fruit, to ensure the quality of fruit storage. Therefore, in order to find the best post-harvest preservation method for peach, this experiment used Low temperature conditioning (LTC) synergistic preservation paper (LJ), LTC synergistic NO fumigation treatment (LN), LTC synergistic preservation paper + NO fumigation (LJN), LTC as a control (LCK), and direct cold storage synergistic preservation paper (DJ), Direct refrigeration with NO fumigation (DN), direct refrigeration with paper + NO fumigation (DJN), direct refrigeration as a control (DCK) preservation method to analyse the eight groups of treatment of peach storage and shelf-life of storage quality, antioxidant, sugar and acidity of the impact of the flavour, for the application of peach freezing and preservation of the theoretical basis and technical support. The main research results are as follows:

(1) The effects of different treatments on the physiological quality of peach during freezing and shelf life

DJ, DN, DJN, LJ, LN, LJN treatments to a certain extent better than the two groups of the control preservation effect, of which the LJ and DJ significantly reduce the fruit PB index, LJN and DJN can effectively maintain high fruit hardness, and in the storage and shelf life to maintain high soluble solids content, inhibit the drippable solids content, and maintain high fruit hardness, and maintain high solubility. solids content, and inhibited the decline of titratable acid content and ethylene production. Direct refrigeration was more effective than direct refrigeration in maintaining greater firmness and inhibiting the rise of ethylene content, while LTC was more effective than direct refrigeration in maintaining TA and SSC content and reducing weight loss and browning index. Overall, LTC was more effective in maintaining the physiological quality of peach.

(2) Effects of different treatments on the activities of antioxidant enzymes during freezing and shelf

life of peach

LN treatment can effectively inhibit the increase of relative conductivity and MDA in the late stage of storage, and maintain the intact cell membrane structure, which is better than the effect of preservation paper treatment, and the LNJ treatment can delay the decrease of the activities of antioxidant enzymes, such as POD, SOD, CAT, and APX, etc., in the late stage of peach storage; and effectively inhibit the increase of the activities of PPO, LOX, and PPO in the late stage of storage and shelf life. The effect of LNJ and DJN in maintaining the antioxidant-related enzyme activities of peach fruits was significantly better than that of the single treatment group, and the antioxidant-related enzyme activities of peach fruits could still be maintained at a higher level during the shelf period, which had a certain positive effect on the improvement of the storage quality of peach fruits, and prolonged the storage period and shelf period, and it was concluded from the data analysis that the effects of LNJ and DJN in maintaining the storage quality and antioxidant enzyme activities were the most effective. The data analysis showed that LNJ and DJN had the best effect on maintaining fruit storage quality and antioxidant enzyme activity.

(3) The effect of optimal treatment on sugar and acid flavour and related enzymes during freezing and shelf life of peach

Sucrose, glucose and fructose were measured in the fruit of LNJ and DJN groups, and the results showed that the LNJ treatment group had significant effect on the maintenance of sucrose in the fruit during storage and shelf life. Organic acids, malic acid, quinic acid and citric acid were measured, and it was found that the DJN treatment group had a better effect on inhibiting the decline of malic acid and citric acid content during the shelf life, while the LNJ treatment group could maintain a higher content of quinic acid in the fruits during the storage period, and the organic acid content of the fruits could be significantly increased by both DJN and LNJ. The LNJ treatment group treated with programmed cooling had a significant effect on increasing the activities of sucrose metabolism-related enzymes SS, SPS, AI, and NI, which was conducive to the accumulation of sucrose, and the conversion of glucose and fructose, and provided a guarantee of the sweet taste of the fruits.

In summary LNJ, DJN can ensure the quality of peach postharvest storage period and shelf life, improve fruit antioxidant, maintain the level of sugar-acid flavour, and the effect of composite preservation is better than single preservation treatment. In addition, the effect of LTC treatment group was better than that of direct refrigeration group, which has certain reference value for the practical application of peach preservation in the future.

Key words: peach; programmed cooling; physiological quality; antioxidant property; sugar-acid flavour

目录

摘要	I
Abstract	III
目录	V
第 1 章 绪论	1
1.1 蟠桃概述	1
1.1.1 蟠桃简介	1
1.1.2 蟠桃贮运面临的问题	1
1.2 蟠桃保鲜技术研究现状	1
1.2.1 物理保鲜	2
1.2.2 化学保鲜	3
1.2.3 保鲜纸保鲜	5
1.2.4 其他保鲜	5
1.3 果蔬采后抗氧化研究	5
1.4 糖酸研究进展	6
1.4.1 果实可溶性糖研究进展	6
1.4.2 果实有机酸研究进展	7
1.4.3 糖酸对风味的影响	8
1.5 研究目的与意义	8
1.6 研究内容与技术路线	8
1.6.1 研究内容	8
1.6.2 技术路线	9
第 2 章 不同处理对蟠桃冷藏期间及货架期生理品质的影响	10
2.1 材料与方法	10
2.1.1 试验材料	10
2.1.2 处理方法	10
2.1.3 试验试剂	11
2.1.4 试验仪器	11
2.1.5 蟠桃贮藏品质指标测定	11
2.1.6 数据方法处理	12
2.2 结果与分析	13
2.2.1 不同处理对蟠桃冷藏期及货架期硬度的影响	13

2.2.2	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期可溶性固形物含量的影响	13
2.2.3	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期可滴定酸含量的影响	14
2.2.4	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期失重率的影响	15
2.2.5	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 PB 的影响	16
2.2.6	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期乙烯释放量的影响	17
2.3	讨论	17
2.4	本章小结	18
第 3 章	不同处理对蟠桃冷藏期间及货架期抗氧化酶活性的影响	20
3.1	材料与amp;方法	20
3.1.1	材料及处理	20
3.1.2	试验试剂	20
3.1.3	试验仪器	20
3.1.4	蟠桃抗氧化性指标测定	21
3.1.5	数据方法处理	22
3.2	结果与分析	22
3.2.1	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期相对电导率的影响	22
3.2.2	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 MDA 的影响	23
3.2.3	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 PPO 的影响	24
3.2.4	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 POD 的影响	24
3.2.5	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 SOD 的影响	25
3.2.6	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 CAT 的影响	26
3.2.7	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 APX 的影响	27
3.2.8	不同处理对蟠桃冷藏期及货架期 LOX 的影响	27
3.3	讨论	28
3.4	本章小结	30
第 4 章	最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期糖酸风味及相关酶的影响	31
4.1	材料与amp;方法	31
4.1.1	材料及处理	31
4.1.2	试验试剂	31
4.1.3	试验仪器	32
4.1.5	数据方法处理	33
4.2	结果与分析	33
4.2.1	最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期蔗糖含量的影响	33
4.2.2	最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期葡萄糖含量的影响	34

4.2.3 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期果糖含量的影响	35
4.2.4 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期 SPS 和 SS 含量的影响	35
4.2.5 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期 AI 和 NI 含量的影响	37
4.2.6 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期苹果酸含量的影响	38
4.2.7 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期奎宁酸含量的影响	39
4.2.8 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期柠檬酸含量的影响	40
4.2.9 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期总糖含量的影响	41
4.2.10 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期总酸含量的影响	41
4.2.11 最优处理对蟠桃冷藏期间及货架期糖酸比的影响	42
4.2.12 最优处理蟠桃糖酸含量、关键酶和糖酸比的相关性	43
4.3 讨论	44
4.4 本章小结	45
第 5 章 结论与展望	46
5.1 结论	46
5.2 创新点	46
5.3 展望	47
参考文献	48
致谢	55
作者简介	56
导师评阅表	57

第1章 绪论

1.1 蟠桃概述

1.1.1 蟠桃简介

蟠桃 (*Amygdalus persica* L.) 属李亚科, 原产地新疆, 种植地较为集中, 主要在石河子, 昌吉和伊犁。其中石河子的蟠桃种植面积最大, 产量最高, 品质最佳, 是新疆特色水果代表之一, 其果实形状有扁圆型、宽椭圆形和卵形。果肉主要分为白果肉型、红果肉型、黄果肉型三种, 在国际上也将其称为土星桃或甜甜圈桃^[1]。作为老少皆宜的水果深受大众的喜爱, 新疆蟠桃因其相较于其他品种桃拥有独特且浓厚的清香风味, 以及皮薄汁多鲜脆可口的优势, 其含有丰富的维生素、铁含量。食用后预防贫血效果显著, 此外还有润肠通便, 活血养颜等功效, 深受国内外消费者喜爱。

1.1.2 蟠桃贮运面临的问题

近年来, 随着电商和冷链物流的发展, 蟠桃受到全国各地越来越多消费者的喜爱, 在销售市场也逐渐占有一席之地, 然而, 蟠桃的销售仍面临诸多问题。一方面, 蟠桃原产地位于新疆维吾尔自治区西南部, 地理位置于全国其他城市偏远, 导致在物流运输方面存在不便情况, 且蟠桃消费市场一次性消耗的能力有限。另一方面, 蟠桃为典型的呼吸跃变型果实, 采摘后会经历生理后熟过程。其水分含量高, 口感绵软水嫩多汁, 生产季节性强, 成熟期为夏季高温时期, 对温度极其敏感使得果实采后后熟速度加快, 室温下 2-3 天果实便会褐变软化, 进而导致蟠桃采后出现不耐贮藏运输, 易发生发霉、发病、腐烂、果皮褐变 (Peel browning, PB) 等现象降低商品价值、失去食用价值, 制约蟠桃的市场拓展, 从而打击果农种植蟠桃积极性, 对广大农民的健康和农业经济的发展有重要影响^[2]。因此, 迫切需要研究蟠桃保鲜方法, 以保证蟠桃品质并延长货架期。

1.2 蟠桃保鲜技术研究现状

当前, 蟠桃的保鲜方式大致分为物理保鲜、化学保鲜、保鲜纸包装以及其他保鲜方式。其中常用的物理保鲜方式有低温贮藏保鲜、变温贮藏保鲜、热处理以及冰温贮藏保鲜等。化学保鲜常用方法主要包括化学保鲜剂的浸泡、熏蒸和涂覆膜等手段。保鲜纸通常与化学保鲜剂结合使用来维持果蔬新鲜。

1.2.1 物理保鲜

物理保鲜方法通过控制果蔬的呼吸速度和抑制微生物的生长,而不改变它们的外观和风味,也不添加新物质。这种方法不添加任何物质,没有毒害,且保鲜效果显著^[3]。物理保鲜方式主要通过调控冷藏室的温度、气体、压力、光辐等达到保鲜的目的。其中,温度调控是最常用的成本低、能耗小的保鲜方式。温度的变化可直接影响果蔬采后品质,同时也会对果蔬自身的生理生化反应和诱变反应有直接影响。蟠桃皮薄,果肉绵软,在保鲜过程中,温度需要控制在一定范围内,过高的温度会使蟠桃组织结构和生理上产生变化,而过低的温度则会导致其发生冷害或冷冻现象使农产品商品价值大打折扣,因此需要在适当的贮藏方式下最大限度地减少质地和其他质量相关因素的损失^[4],延长贮藏期。调控温度贮藏主要有四种方法:低温贮藏保鲜、变温贮藏保鲜、热处理和冰温贮藏。

(1) 低温贮藏保鲜

低温贮藏保鲜是将果蔬降至较低温度贮存,在此期间果蔬呼吸速度减弱,果实机体内酶活性受抑制,延迟衰老、软化、腐烂的进程。不同品种的桃,在不同温度下的耐冷能力也各不相同。蟠桃属于冷敏感果实,温度的把控对贮藏效果极其重要,如果温度过低,可能会导致冷害或冻害现象,表现为果皮革质化、芳香物质劣变等^[5]。此外,蟠桃质地柔软,在低温环境中,果肉紧实度降低,细胞间会形成较大的间隙,导致电阻降低,从而加速桃果实成熟。金微微等人^[6]研究表明 0-2 °C 比 2-8 °C 更适合桃果实的贮藏。童军茂^[7]等人的研究表明在 0-2 °C 下储存蟠桃,并结合其他保鲜措施,可以获得更显著的保鲜效果。因此本文采用一部分蟠桃在 1±0.5 °C 冷库中贮藏。

(2) 变温贮藏保鲜

变温贮藏保鲜是指果蔬采后冷藏时在略高于冷害临界值的温度下进行有规律的调控温度,维持果蔬品质的手段。目前变温贮藏的方式有间歇升温 and 程序降温两种。褚丽丽^[8]及其团队的研究结果显示在 0 °C 下进行三个月的变温贮藏,优质果率可以达到 90% 以上基本无腐烂和褐变现象。

间歇升温 (Intermittent warming, IW) 指在果蔬冷藏过程中,通常会进行多次由低至高的提高温度,使得在贮藏期间温度逐步升至果蔬正常生理代谢所需的温度,到达减轻冷害发生的目的。王淑琴等人^[9]研究表明间歇升温能够调节细胞壁代谢相关的酶,防止柏山蜜桃木质化的发生。在 Xi 等^[10]的研究中,每间隔一周将在 20 °C 下放置一天后转移至 5 °C 间歇升温理,能有效避免黄桃褐变,够提高醇酰基转移酶的活性,减少黄桃酯类物质的损失。此外间歇升温常与其他保鲜手段联合使用,减轻桃果实冷害症状效果更显著。

程序降温 (Low temperature conditioning, LTC) 是指缓慢地降低贮藏温度直至果蔬适宜的冷藏温度,这期间果蔬逐步提高耐寒性。蔡琰^[11]等将桃果实采用 12 °C 贮藏 6 d

然后转入 0 °C 冷藏 28 d, 预贮的桃果实褐变指数仅为 8.86 %, 并且能够调节线粒体呼吸代谢, 使果实维持在较高的能量水平。有研究报道, 程序降温可延缓果实组织损坏和保持质地硬度 14 d 以上, 延长货架期, 并且解决拨枇杷皮难的问题^[12]。江国良等人研究人员^[13]指出, 在程序降温的冷藏条件下, 琵琶果实的硬度和可溶性固形物含量降低速度较低温贮藏缓慢, 果肉褐变指数上升得也相对缓慢。此外还有研究显示在对‘黄冠’梨进行程序降温处理后, 显著抑制了多酚氧化酶 (Polyphenol Oxidase, PPO) 的活性, 提高了果实贮藏品质^[14]。因此表明, 适宜的情况下程序降温能够有效降低果蔬发生冷害的概率并缓解冷害症状, 维持果蔬品质。本实验一部分蟠桃采用程序降温手段贮藏。

(3) 热处理

热处理是用高于成熟季节的温度对采后或贮藏前的果蔬进行处理的一种手段。此方法能够抑制乙烯的生成, 并在高温下使酶失去活性, 控制果实的软化程度, 从而减缓果实腐烂速度。常用的方式有热水浸泡、热空气处理两种。将 45 °C 热水中浸泡 10 min 后的桃果实的褐变指数显著降低, 相对电导率和丙二醛 (Malondialdehyde, MDA) 含量分别比对照降低了 20.93 % 和 29.58 %^[15]。此外也有研究表明^[16], 37 °C 的热空气下处理 3 d 的桃果实, 可减轻冷害症状, 贮藏 35 d 后果实褐变指数较对照组低 0.56。

(4) 冰温贮藏保鲜

冰温 (near-freezing temperature, NFT) 即接近冰点的温度, 冰温贮藏保鲜就是在 0 °C 以下冰点以上的温度带贮藏果蔬。在这个温度范围内, 果蔬的呼吸代谢速率较低, 酶的活性受到抑制, 维持生命活动所需要的能量也较少, 可以延缓采收后的衰老过程、延长贮藏时间^[17]。郝慧慧等人^[18]研究表明, -2.0 °C ~ -1.5 °C 的 NFT 通过实现低温抑制细胞壁降解酶活性, 从而推迟软化进程。Zhao^[19]发现 -1.4 °C ± 0.1 °C 近冰点贮藏的油桃能量代谢相关酶活性较对照组高, 通过诱导果实的可溶性碳水化合物和能量代谢, 使果实的耐寒性显著提高。

1.2.2 化学保鲜

化学保鲜常采用化学保鲜剂和涂抹保鲜法处理采后果蔬, 其化学保鲜剂主要包括杀菌类保鲜剂和生长调节类保鲜剂。通过对采后果蔬自身生理代谢的调控、抑制外源微生物滋生繁殖减轻对采后果蔬的侵染等方式达到保鲜目的, 具有效果显著、成本低廉的特点。

(1) NO 保鲜剂

NO 作为一种可参与植物对生物和非生物的胁迫反应及呼吸代谢、成熟衰老、细胞壁木质化、开花发育等多种生理生化过程的内源信号因子, 在果蔬贮藏领域已被广泛应用。目前, NO 的应用主要包括外源 NO 供体浸泡和外源 NO 熏蒸两种方法。出于对商业成本把控的考虑, NO 熏蒸比浸泡的接受度更高。NO 对贮藏期间果蔬延迟贮藏期限

和保持果实品质有积极影响。在 Song 等^[20]的研究中, 15 $\mu\text{mol/L}$ 的外源 NO 供体浸泡后的桃果实, 增强了桃果实抗氧化能力和耐冷性。此外能够降低呼吸跃变型果实的乙烯释放量和活性氧的增长积累, 并参与果实成熟减少贮藏期果实水分的流失。外源 NO 的应用在硬度的保持同样有显著效果, 这可能与细胞壁降解酶的活性受抑制有关。Zhao 等^[21]研究发现用 20 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ NO 熏蒸后的冬枣果实, 其细胞壁降解酶活性降低在贮藏期间均受抑制, 延迟细胞壁破坏, 使硬度得到保持。本实验一部分蟠桃采用 NO 熏蒸方式贮藏。

(2) 焦亚硫酸钠保鲜剂

焦亚硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 常用于食品中抵抗微生物侵染和作为食品添加剂使用, 在果蔬采后保鲜领域较为广泛。其保鲜原理是遇水蒸气时缓慢释放 SO_2 , 当释放到一定临界值时, SO_2 又会与空气中的 O_2 和 CO_2 主动结合发生化学反应, 使其 SO_2 浓度逐渐挥发, 在果蔬中残留也会降低。反应释放出的二氧化硫具有广谱杀菌性, 能够扰乱微生物菌群的正常生长代谢, 抑制有关氧化酶和水解酶的活性, 同时还能防止或延缓果实劣变, 起到保证质量、保持色泽、延缓衰老等积极作用^[22]。刑亚阁^[23]制备含焦亚硫酸钠的保鲜剂, 并应用于玫瑰香葡萄保鲜, 与对照实验相比, 使用保鲜剂处理组的葡萄腐烂率降低了 50%, 保鲜效果显著。此外, 缓释二氧化硫杀菌剂应用于樱桃保鲜中, 也能够降低樱桃的烂果率^[24]。

(3) 二氧化氯保鲜剂

二氧化氯 (ClO_2) 作为一种强氧化剂, 是联合国世界卫生组织 (WHO) 公开认证的一种安全、高效且强力的无毒无害杀菌剂^[25]。在减少微生物致腐败, 保持食品新鲜度和营养等方面均有优势。Chen 等^[26]研究发现用二氧化氯处理后的瓜呼吸强度降低, 果实衰老延缓。二氧化氯溶液处理后, 可降低桑葚的坏果率和失重率、总酚含量和糖酸比维持状态平稳, 且相对对照有较长保鲜期^[27]。二氧化氯气体因性质极不稳定, 有发生爆炸的潜在风险, 所以在实际应用中有一定局限性。二氧化氯固态缓释剂具有方便配制、现配现用、安全性高、抑菌效果好、易贮运等优点, 是果蔬保鲜领域的研究应用热点。Kambiz^[28]等制备一种便捷的二氧化氯自动释放剂, 可长时间有效抑制微生物生长并保持果蔬的新鲜度。

(4) 1-MCP 保鲜剂

1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 属于乙烯抑制剂, 它通过抑制乙烯释放引发的一系列生化反应来发挥作用, 能够抑制乙烯诱导的与果实后熟相关的生理生化反应, 从而延缓跃变型果实的后熟进程, 提高果实的耐储性和抵抗力, 延长果蔬贮藏寿命^[29]。李学文等人的^[30]研究表明, 使用不同浓度的 1-MCP 处理蟠桃可以保持果实的硬度, 延缓酸度下降, 保持果品口感。董欣瑞^[31]在后续研究中也证实情况, 并发现贮藏期间 1-MCP 可诱导提高蔗糖代谢相关酶活性, 调节糖代谢过程, 维持高蔗糖水平以此保证果实抗冷性, 缓解冷害症状。

1.2.3 保鲜纸保鲜

采后果蔬保鲜常搭配保鲜纸、保鲜膜、功能型瓦楞纸等^[32]材料使用。其中保鲜纸的应用最为广泛，因制作简单、成本低廉、携带便捷并且适合长途运输。秦晓芳等人^[33]采用天然植物精油与 1-MCP 结合制作新型复合保鲜纸对油桃保鲜实验表明其能够明显抑制果实呼吸强度，降低腐烂率，保持果实内容物的含量。谢小燕^[34]将 1-MCP 与焦亚硫酸钠组成的缓释保鲜纸应用于蟠桃贮藏中发现保鲜纸处理后的果实相较对照能够提高蔗糖含量，保持较高的可行性固形物含量，使 PPO 活力、过氧化物酶（Peroxidase, POD）活力、细胞膜透性降低从而减轻果实褐变症状。基于此，本实验一部分蟠桃采用由 1-MCP、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、 ClO_2 制备的保鲜纸协同不同贮藏保鲜法进行蟠桃保鲜。

1.2.4 其他保鲜

此外，辐照保鲜通过使用射线对桃果实进行定量定时的照射，加速微生物衰老死亡来延缓桃变质也能达到保鲜的目的^[35]。低压静电场保鲜技术也是一项新兴的保鲜技术。李海波^[36]通过对杨梅施加低压静电场进行保鲜处理，发现果实硬度和水分含量能够保持在较高水平，腐烂症状得到有效减缓。植物精油因无毒且高效的特点也逐渐广泛应用在果蔬保鲜领域，葫芦巴精油/海藻酸钠复合涂膜液的应用研究中发现其可以有效地减缓油桃的维生素 C 含量、可滴定酸含量、保持抗氧化酶活性，提高油桃的抗氧化性和抑菌性，具有显著的保鲜效果^[37]。

1.3 果蔬采后抗氧化研究

采摘后的果蔬自身生理代谢系统依旧正常工作，在代谢过程中易导致内部糖分、有机酸等营养物质含量降低，且在贮藏期间易受到病菌的侵染，使其抗性和抗氧化活性降低，从而加速衰老腐败影响果蔬商品价值、食用品质和保质期。随着生活水平的提高，现如今人们格外注重果蔬产品的新鲜程度、安全性和营养价值。果蔬不仅含有丰富营养物质还有抗氧化物质，这些物质能清除人体内的自由基、帮助改善血液循环、促进身体代谢、延缓人体衰老，对身体健康大有裨益^[38]。因此，对果蔬采摘后的抗氧化能力进行研究至关重要。果蔬采摘后衰老的过程中，与活性氧物质（ROS）有关，ROS 主要包括超氧阴离子（ $\text{O}_2^{\cdot-}$ ）、过氧化氢（ H_2O_2 ）、羟基自由基（ $\text{OH}\cdot$ ）、过氧自由基（ $\text{ROO}\cdot$ ）、有机过氧化物（ ROOH ）等自由基^[39]。通常情况下，细胞内的 ROS 产生与清除保持着动态平衡，当植物的衰老代谢率增强或受到胁迫时，ROS 会大量增加，破坏原本的动态平衡，对果实造成氧化损伤，脂膜发生过氧化反应，使细胞膜结构和功能遭到破坏，植物受到损害。因此，维持清除自由基的动态平衡至关重要，植物自身的抗氧化系统会合