

# 鲜食葡萄贮藏保鲜技术研究进展

刘程宏\*, 段罗顺, 柴丽娜, 郑华魁

(郑州市农林科学研究所, 郑州 450000)

**摘 要:** 葡萄在贮藏保鲜过程中极易发生腐烂、落粒、失水、褐变等现象, 严重制约着鲜食葡萄产业的发展。近年来, 各国对葡萄的贮藏保鲜都进行了大量试验研究, 技术的更新和方法的联用使得鲜食葡萄得以更好的贮藏保鲜。本文对国内外关于鲜食葡萄贮藏保鲜的传统方法、物理方法、化学方法、生物方法及其他一些技术做了较全面的总结和综述, 以为鲜食葡萄的贮藏保鲜提供理论参考。

**关键词:** 鲜食葡萄; 贮藏; 保鲜; 技术

## Research advances on storage and fresh-keeping technology of table grape

LIU Cheng-Hong\*, DUAN Luo-Shun, CHAI Li-Na, ZHENG Hua-Kui

(Zhengzhou Agriculture and Forestry Science Institute, Zhengzhou 450000, China)

**ABSTRACT:** In the process of storage and preservation, grape is prone to rot, granulation loss, water loss, browning and other phenomena, which seriously restricts the development of fresh grape industry. In recent years, many countries have carried out a large number of experimental studies on grape storage and preservation, the update of technology and the combination of method makes fresh grape better preserved. This paper summarized the traditional methods, physical methods, chemical methods, biological methods and some other techniques of table grape storage and preservation at home and abroad, in order to provide theoretical references for fresh grape storage and preservation.

**KEY WORDS:** table grapes; storage; preservation; technology

## 1 引 言

2017年中国葡萄产量为1308.29万吨,居世界第一<sup>[1]</sup>。葡萄一般有鲜食和加工2种,欧洲等国多用于酿酒、果汁等的加工,而我国多以鲜食为主,但贮运过程中会造成高达20%以上的损失,严重制约着我国鲜食葡萄产业的发展。研究表明,在贮藏过程中危害葡萄的病原体全部为真菌,尤以灰霉病为甚,因此,采前要做到合理灌溉施肥、做好树体及田间管理、病虫害防治,待充分成熟进行采收,以控制带菌量,而采后应做好贮藏保鲜技术研究和应用,这是鲜食葡萄产业的重要环节<sup>[2]</sup>。

近年来,各国对葡萄的贮藏保鲜都进行了大量试验研究,本文对这些技术和方法做了较全面的总结和综述,以为鲜食葡萄的贮藏保鲜提供理论参考。

## 2 贮藏保鲜技术

### 2.1 传统方法

传统的贮藏形式有简易沟藏、土窑洞贮藏、通风库贮藏等,而使用以SO<sub>2</sub>和硫化物为主要成分的化学防腐剂仍是最广泛使用的有效措施。因为SO<sub>2</sub>不仅抑制灰霉菌而且可以避免果梗失绿,减轻脱粒,还能减弱呼吸强度,延缓衰老。常用液化SO<sub>2</sub>熏蒸和以焦亚硫酸盐为主要成分的固

\*通讯作者: 刘程宏, 主要研究方向果树栽培生理。E-mail: 421781004@qq.com

\*Corresponding author: LIU Cheng-Hong, Zhengzhou Agriculture and Forestry Science Institute, Zhengzhou 450000, China. E-mail: 421781004@qq.com

体保鲜剂贮藏保鲜,美国依据 Nelson 提出的 2 段释放法研究出了 2 段释放  $\text{SO}_2$  的装置,有效控制了  $\text{SO}_2$  的释放,并减轻其对葡萄的漂白伤害<sup>[3]</sup>。

## 2.2 现代方法

由于  $\text{SO}_2$  保鲜剂存在产品单一、针对性产品开发不足,葡萄内残留物及对空气、环境的污染问题,因而各国都在进行  $\text{SO}_2$  替代方法的研究,并取得了相当进展。

### 2.2.1 物理方法

#### (1) 冰温冷藏

冰温冷藏是指将葡萄贮藏在  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下但葡萄中的生物组织还未开始结冰这个温度带中,使葡萄得以保鲜但不会受到冻害。葡萄的冰点在  $-2.5\sim-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 因此认为其最适贮藏温度为  $-1\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冰温冷藏在世界范围内得到广泛应用,郇延军等<sup>[4]</sup>使用冰温高湿法贮藏‘巨峰’葡萄,能够避免冷藏新鲜程度低、葡萄组织结构破坏大以及贮藏周期短等问题。

#### (2) 气调贮藏

气调贮藏法是通过调节  $\text{O}_2$  和  $\text{CO}_2$  等气体成分比例的调节延长贮藏周期。Teles 等<sup>[5]</sup>研究发现,40% $\text{CO}_2$  熏蒸处理能够有效抑制‘Fame Seedless’和‘Crimson Seedless’葡萄中灰霉菌的生长和繁殖。气调保鲜有较好效果,但高浓度的  $\text{CO}_2$  虽然能缓解葡萄褐变,对有害菌的抑制作用却有限。

#### (3) 热处理

热处理是一种非化学但有效的保鲜手段,可诱导植物产生热休克蛋白,从而抑制呼吸强度、乙烯合成及叶绿素分解,最常用的有热水浸泡和热蒸汽处理。寇丽萍等<sup>[6]</sup>表明热水  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、8 min 处理和热空气  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、5 min 处理均可以有效抑制病原菌的生长繁殖。曹明明等<sup>[7]</sup>研究发现,  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  热水处理对葡萄贮藏保鲜的效果最佳,可以延缓 VC 含量的降低和 MDA 含量的升高。但是由于品种繁多,适宜的热处理介质、处理时间和温度也会有所不同。另外,热处理存在随着处理温度的升高或处理时间的延长会使葡萄失重、色泽变暗的问题。

#### (4) 辐照保鲜

辐照保鲜是对葡萄照射适量射线或电子以取得较好保鲜效果,但该法的使用存在适宜剂量和处理时间的问题。C 类紫外线照射‘玫瑰香’<sup>[8]</sup>、‘甬优 1 号’葡萄<sup>[9]</sup>,可显著抑制果实腐烂。照射剂量范围为  $0.125\sim 0.5\text{ kJ/m}^2$  时葡萄的抗病性均能得到增强,但超过  $1.0\text{ kJ/m}^2$  则会引起褐变和变软。高能电子辐照能够显著提高葡萄 VC、可滴定酸、总酸含量、过氧化物歧化酶活性及好果率。Salunkhe<sup>[10]</sup>用 10、20 Gy 的 X-射线照射无核白葡萄,然后  $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  贮藏 1 个月效果最好。

#### (5) 压力处理保鲜

高压保鲜是一种通过向果实外部施加压力,以阻止水分和营养物质向外扩散,并减缓呼吸速率和成熟速度的技术,一般压力为 253~404 MPa。应用中常与冷藏技术结

合,使葡萄在  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  条件下保存 5 个月;低压贮藏是通过减低气压,促使果蔬组织内挥发性有害气体向外扩散,从而减少由这些物质引起的衰老和生理病害。目前主要应用于苹果、梨等大宗果品上,在葡萄上尚未大规模推广应用<sup>[11]</sup>。

#### (6) 电磁处理

高压静电场处理是使用 2 块平行电极板产生静电场,并且变压器被升压以产生很高的直流电压,以此处理极板间的贮藏物。裴茹<sup>[11]</sup>、刘铁玲等<sup>[12]</sup>分别以‘玫瑰香’和‘巨峰’葡萄为材料,发现  $60\text{ kV/m}$  的高压静电场处理具有最佳的保鲜效果。但此法昂贵且操作复杂,难以推广应用。利用交流电产生的交变磁场处理葡萄也可以取得较好的保鲜效果,提高葡萄商品价值。黄利强<sup>[13]</sup>用不同强度的磁场处理葡萄,并结合气调包装,发现强度为  $1\text{ A/m}$  磁场处理的效果最好。

### 2.2.2 化学方法

#### (1) 乙醇/乙醛/乙酸处理

适当剂量的乙醇/乙醛/乙酸处理可以延缓果蔬的成熟和衰老,减轻生理病害,延长贮藏期。乙醇溶液浸泡和蒸汽熏蒸葡萄均有与  $\text{SO}_2$  处理相当(甚至更好)的保鲜效果。杨建华等<sup>[14]</sup>研究发现,  $3.0\sim 6.0\text{ mL/kg}$  的乙醇气体缓释处理对于鲜食葡萄防腐效果均较好,且此法对于贮藏温度没有严格要求。乙醛具有杀菌和杀虫的特性,可抑制微生物生长,减少果蔬腐坏。Ilana 等<sup>[15]</sup>报道,乙醛蒸汽可以降低葡萄由灰霉菌、软腐菌、曲霉菌及黑霉菌引起的腐烂。果实经 0.5%乙醛蒸汽处理 24 h 后转放到  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  下贮藏 8 d,可完全抑制软腐病的发生。乙酸也是一种杀菌剂,用体积分数 0.27%的乙酸处理葡萄,贮藏效果和  $\text{SO}_2$  处理无明显差异。对葡萄用  $8.0\text{ mg/L}$  的乙酸熏蒸后,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  下贮藏 74 d,烂果率由 94%降至 2%,效果显著<sup>[16]</sup>。

#### (2) $\text{H}_2\text{O}_2$ 处理

$\text{H}_2\text{O}_2$  有杀死微生物的作用,可抑制葡萄贮运中的灰霉腐烂,  $\text{H}_2\text{O}_2$  蒸汽熏蒸对灰霉病有强烈的抑制作用,且无残留、无漂白现象,对于葡萄的贮藏保鲜较为适宜。Eris<sup>[17]</sup>以‘Muskule’葡萄为试材,研究发现,  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  下处理 20 min 的贮藏保鲜效果最好。

#### (3) $\text{H}_2$ 处理

$\text{H}_2$  是一种无毒副作用的抗氧化剂,可选择性的消除果蔬在贮藏过程中产生的自由基,提高抗氧化酶类的活性。Huali<sup>[18]</sup>认为  $\text{H}_2$  可以通过调节机体抗氧化性,从而延缓贮藏期果实的成熟和衰老。臧学文<sup>[19]</sup>研究发现,  $\text{H}_2$  处理可减少葡萄贮藏过程中损失,延长贮藏期。赵素平<sup>[20]</sup>用  $\text{H}_2$  熏蒸处理猕猴桃也取得了较好的保鲜效果。

#### (4) $\text{ClO}_2$ 杀菌剂保鲜

$\text{ClO}_2$  是一种强氧化剂,具有很强的杀菌能力,通过固体  $\text{ClO}_2$  保鲜剂释放  $\text{ClO}_2$  气体达到杀菌保鲜的目的。有研究表明,  $\text{ClO}_2$  有利于保持‘无核白’葡萄<sup>[21]</sup>和‘藤稔’葡萄<sup>[21]</sup>

的色泽、形态、硬度、好果率、VC 和总酸的含量。许萍等<sup>[23]</sup>研究发现  $\text{ClO}_2$  保鲜剂可有效降低‘夏黑’葡萄的腐烂率, 且以 5 g/kg 的用量效果最好。低浓度和短时间的浸泡处理有利于保持葡萄的品质, 而高浓度或长时间处理则对其品质有损。 $\text{ClO}_2$  虽然能够杀死葡萄表面的病原菌, 但是葡萄不耐  $\text{ClO}_2$ , 会导致灼伤、失水等伤害。因此,  $\text{ClO}_2$  的使用方式、处理浓度和时间以及对葡萄果实本身的生理影响需进一步研究。

#### (5) 1-甲基环丙烯保鲜剂保鲜

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropylene, 1-MCP)是一种乙烯受体抑制剂, 可有效抑制乙烯的生理作用, 从而抑制果实的成熟衰老。采前利用 1-MCP 处理, 葡萄的失重率、落粒率和腐烂率大大降低, 贮藏效果好。无论结合冰温还是常温贮藏, 均有较好的贮藏效果。由于 1-MCP 本身不具有杀菌性, 在应用中常结合  $\text{SO}_2$  或  $\text{ClO}_2$  保鲜剂使用, 有效延缓葡萄的成熟衰老, 减少褐变、腐烂, 提高好果率。

#### (6) 仲丁胺保鲜

仲丁胺是一种碱性表面杀菌剂, 对多种真菌具有明显的抑制作用。其突出特点是它作为一种仿生制品, 在柑橘皮以至人体血液中都含有, 现已广泛用于果蔬保鲜。仲丁胺及其衍生物对葡萄的防腐作用优于  $\text{SO}_2$  熏蒸, 但有效贮藏期短。

### 2.2.3 生物方法

生物保鲜技术是利用生物制剂或生物方法处理果蔬产品延长其货架期的新型、环保且有效的保鲜方法, 它符合绿色环保要求, 并能节约资源, 减少能源浪费。使用生物制剂贮藏保鲜食品, 不仅没有健康危害和化学处理造成的环境污染, 而且易于操作处理, 费用低效果好。其种类主要有微生物菌体保鲜、菌体次生代谢产物保鲜、利用抗菌肽保鲜、生物酶保鲜、多糖类物质保鲜和利用生物体自身成分或提取物保鲜等。

#### (1) 纳他霉素/素保鲜

生物方法的最大特点就是以菌治菌, 该法已在果蔬保鲜上取得了良好效果。目前使用较多的是纳他霉素, 该菌不仅能够抑制真菌, 还能防止真菌毒素的产生, 且对人体无害, 常用作食品的表面防腐剂。该菌被用于葡萄保鲜, 可以减少贮藏期间的腐烂, 并较好的控制失重率, 抑制 PPO 和 POD 的活性, 延长葡萄贮藏周期。此外, 可以使用纳他霉素选择性地抑制酵母菌和霉菌, 亦可取得较好的保鲜效果。

#### (2) 酶法保鲜

酶法保鲜是一种目前应用较多的生物保鲜技术, 其原理是利用酶的催化作用, 防止或消除外界因素的不良影响。酶由于其专一性、高效性和温和性被广泛应用于各种果蔬保鲜, 目前常用的生物酶有葡萄糖氧化酶和细胞壁溶解酶等。

#### (3) 涂膜剂保鲜

最常用于涂膜保鲜的是壳聚糖这种天然的可食性保鲜材料, 其成膜性、气体选择透过性和抗菌性较好。Gianfranco 等<sup>[24]</sup>发现, 用乙酸溶解的壳聚糖溶液对葡萄采后灰霉病具有显著的抑制效果。另有发现, 芦荟胶富含多种生物活性物质, 已作为一种新型有效的绿色处理剂用于果蔬的商业涂膜保鲜包装。Farahi<sup>[25]</sup>研究发现体积比为 2:1 的芦荟胶处理组可显著降低葡萄采后灰霉病的发病率, 采前 1 d 用芦荟胶溶液喷洒处理, 然后 2 °C 下贮藏 35 d, 烂果率显著降低。使用 Serrano 的专利配方组成, 芦荟胶采前或采后处理鲜食葡萄, 均可显著抑制灰霉菌。

#### (4) 植物提取物保鲜

采用适当的溶剂或方法, 从植物原料中提取或加工获得的植物提取物可显著抑制葡萄采后灰霉病。Xu<sup>[26]</sup>的研究发现, 采后鲜食葡萄簇用葡萄柚籽提取物溶液浸泡处理后, 灰霉菌感染率显著降低。Tripathi 等<sup>[27]</sup>发现, 采用罗勒油、桃李属和生姜 3 种不同的香精油进行处理后, 葡萄浆果开始出现灰霉病症状的时间显著推迟。丁香酚、百里香酚和香芹酚均可显著降低葡萄浆果的灰霉菌感染率。

### 2.2.4 其他方法

#### (1) 采前喷钙处理

钙是一种符合绿色环保要求的保鲜处理剂, 其原理是钙可加强细胞膜和细胞壁的稳定性和机械强度, 同时减弱细胞膜透性的变化, 以此增强果实的抗性和耐贮性。研究发现采前喷洒含钙的化学保鲜剂的葡萄具有良好的保鲜性能。红提葡萄<sup>[28]</sup>和‘红地球’葡萄<sup>[29]</sup>采前喷施过磷酸钙, 均有较好的保鲜效果。

#### (2) 盐类处理保鲜

通过采前和采后对果蔬浸渍或喷洒各类盐溶液, 改变真菌生长环境的 pH, 从而达到抑菌目的。Qin 等<sup>[30]</sup>研究发现 1% 的四硼酸钾溶液有最好的抑制效果, 可使灰霉病的发病率由 36.8% 降低至 2.4%。采用藻脎酸盐对葡萄进行涂膜处理, 可显著抑制灰霉病的发生。但进行采后处理时, 需要注意盐类在浆果表面的残留问题。

#### (3) 新型保鲜剂

目前新型保鲜剂的种类较多。如庞博等<sup>[31]</sup>选用甘油、淀粉、明胶、琼脂与重亚硫酸钠组成的化学保鲜剂处理‘腾远’葡萄果实, 结果该保鲜剂使样品水分损失明显降低, VC 含量、可滴定酸与可溶性固形物的减少减缓, 提升果实的光泽度, 延长了贮藏时间。

#### (4) 植物生长调节物质保鲜

使用 GA、6-BA 等植物生长调节剂处理葡萄, 果实腐烂和落粒现象显著减少, 有较好的保鲜效果<sup>[32]</sup>。Zoffoli<sup>[33]</sup>对‘Thomson seedless’葡萄 2 次和 8 次使用赤霉素后, 葡萄灰霉病的发病率由 1% 增加到 12%。但如果反复多次使用有可能会使灰霉病对经调节剂处理后的葡萄结构产生一定

的敏感性。水杨酸广泛存在于高等植物中,是植物体内产生的一种简单酚类化合物。无论是采前、采后还是贮藏期间用 1.0 mmol/L 水杨酸处理,都可明显抑制葡萄的腐烂,减缓电解质的渗透,能维持较高的可溶性固形物含量,保持葡萄良好的品质,延迟葡萄成熟衰老。

#### (5) 脉冲渗透式双重杀菌保鲜技术

脉冲渗透式双重杀菌保鲜技术是应用于葡萄保鲜的新技术。王金锋等<sup>[34]</sup>以晚熟‘红地球’葡萄为试材,研究发现脉冲式杀菌处理技术结合入库后渗透式专用保鲜剂搭配方式,使用剂量筛选和冷库温度精准调试,贮藏保鲜时间由原来的 45~60 d 延长到 140~175 d,且葡萄的综合品质保持良好,大幅延长了保鲜期。

#### (6) 纳米保鲜

纳米保鲜技术是结合不同的保鲜产品选择不同的纳米复合材料进行包装,保鲜效果良好。曹雪玲等<sup>[35]</sup>研究发现,0.3  $\mu\text{m}$  纳米银胶即可延缓葡萄腐烂速度,降低葡萄中总酸和还原糖含量,且效果稳定。许志等<sup>[36]</sup>以纳米碳酸钙和壳聚糖为主要成分制备纳米保鲜剂,结果表明,冷藏条件下 1.5%壳聚糖和 0.03%纳米钙涂膜保鲜效果最好。该法适应范围广,成本低,保鲜周期长,相信在不久的将来这种保鲜技术必将在我国的葡萄及其他果蔬产品的保鲜上得到大力推广应用。

### 2.3 其他研究

关于葡萄贮藏保鲜的方法及贮藏过程中存在的诸多问题,国内外研究学者进行了大量的试验和探讨,除了上述方法外,还有以下一些研究进展。

李桂峰<sup>[37]</sup>以‘红地球’葡萄为试材,将鲜切技术首次应用于葡萄保鲜,实现以葡萄果粒为基本的贮藏和营销单元模式。Wu 等<sup>[38]</sup>发现 1 mg/L  $\text{O}_3$  水浓度和 0  $^{\circ}\text{C}$  的最优配置可以延长葡萄保鲜时间并延缓葡萄品质下降。Sabir 等<sup>[39]</sup>研究发现蜂蜜溶液浸泡后的气调包装对葡萄的品质和保存期都有所改善。Mulugeta 等<sup>[40]</sup>发现非穿孔衬垫是最有效的防止水分流失的保鲜装置。Voltaire 等<sup>[41]</sup>发现果粉层可抑制外来微生物的入侵,对葡萄安全及品质起到保护作用。Ma 等<sup>[42]</sup>调查发现葡萄在家用冰箱贮藏过程中保鲜度与冰箱温度、开关次数和混放东西呈负相关性。Benkhemmar 等<sup>[43]</sup>调查发现,抗病害葡萄品种贮藏期长,糖分低而酸度高的品种贮藏时间长。屈彦伯等<sup>[44]</sup>研究发现质量分数 75.0%的焦亚硫酸钠保鲜纸对‘红地球’葡萄的保鲜效果最优。

### 2.4 多法联用

例如,乙醇处理和热处理结合比单独使用可以杀死更多的葡萄霉菌孢子。采后热处理结合低浓度的钙盐具有更好的贮藏保鲜效果。又如, $\text{O}_3$  可以氧化分解掉贮藏环境中具有催熟作用的乙烯,延缓葡萄的成熟衰老,但它会加快氧化葡萄组织内的多酚类和抗坏血酸等物质,导致果实

褐变。因此不建议单独使用臭氧保鲜葡萄,将其与  $\text{SO}_2$  保鲜剂、冰温贮藏等保鲜技术联用则会取得更为理想的保鲜效果。在低温冷藏基础上的辅助各种保鲜方法较之单独使用低温冷藏有更好效果。刘淑仪等<sup>[45]</sup>研究发现‘巨峰’冬葡萄经各保鲜剂处理并结合冰温贮藏 3 个月果实品质可有效保持。陈志军等<sup>[46]</sup>发现,560 Gy 电子辐照会使葡萄中果实耐压力和果皮花青素等含量大大降低,辐照结合低温贮藏能够明显改善葡萄的贮藏性能。

## 3 结语与展望

我国葡萄产量世界第一,但贮运损失制约了鲜食葡萄产业的发展。近年来,关于葡萄贮藏保鲜技术的研究越来越多,研究方向也逐渐向材料学、生物学、食品化学、机械工程等诸多学科和领域发展,贮藏保鲜技术也正由单一技术向复合技术方向转化。为了进一步提高果实的贮藏品质,延长果品的贮藏期,研究和开发新型无公害的保鲜技术仍是今后的研究重点;此外想要在保证鲜食葡萄的保鲜效果的同时降低操作成本、提高综合效益,应根据不同品种和实际要求采用适宜的保鲜方法及多法联用保鲜。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 国家数据统计数据 [EB/OL]. [2019-02-01]. <http://www.stats.gov.cn>.  
National Bureau of Statistics of People's Republic of China. National data statistics [EB/OL]. [2019-02-01]. <http://www.stats.gov.cn>.
- [2] 许玲,徐灵芝,张维一,等. 葡萄采后病原菌种类及发病规律研究[J]. 新疆农业大学学报,1995,(2): 31-35.  
Xu L, Xu LZ, Zhang WY, *et al.* Study on the species and pathogenesis of postharvest pathogens in grape [J]. J Xinjiang Agric Univ, 1995, (2): 31-35.
- [3] 王世军. 二氧化硫类防腐杀菌剂在葡萄保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(2): 1-6.  
Wang SJ. Application of sulfur dioxide antiseptic and bactericide in grape preservation [J]. Preserv Proc, 2015, 15(2): 1-6.
- [4] 郇延军,陶谦,王海鸥,等. 巨峰葡萄的冰温高湿保鲜及出库[J]. 无锡轻工大学学报,2009, 19(1): 26-30.  
Xun YJ, Tao Q, Wang HO, *et al.* The ice temperature, high humidity and fresh storage of Jufeng grape [J]. J Wuxi Univ Light Ind, 2009, 19(1): 26-30.
- [5] Teles CS, Benedetti BC, Gubler WD, *et al.* Prestorage application of high carbon dioxide combined with controlled atmosphere storage as a dual approach to control Botrytis cinerea in organic ‘Fame Seedless’ and ‘Crimson Seedless’ table grapes [J]. Postharv Biol Technol, 2014, (89): 32-39.
- [6] 寇莉萍,刘兴华,丁武,等. 热处理对轻度加工葡萄呼吸强度和内源激素的影响[J]. 农业机械学报,2009, 40(11): 133-137.  
Kou LP, Liu XH, Ding W, *et al.* Effects of heat treatment on respiration intensity and endogenous hormones in mild processed grapes [J]. Trans Chin Soc Agric Mach, 2009, 40(11): 133-137.

- [7] 曹明明, 阎瑞香, 冯叙桥, 等. 热处理对鲜切玫瑰香葡萄抗氧化活性及生理生化品质的影响[J]. 食品科学, 2012, (8): 279–284.  
Cao MM, Yan RX, Feng XQ, *et al.* Effects of heat treatment on antioxidant activity and physiological and biochemical quality of fresh-cut rose-scented grape [J]. Food Sci, 2012, (8): 279–284.
- [8] 刘然然, 阎瑞香, 王欣, 等. 短波紫外线处理对“玫瑰香”葡萄采后褐变及相关酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2012, (10): 12–15.  
Liu RR, Yan RX, Wang X, *et al.* Effect of short-wave ultraviolet treatment on postharvest browning and related enzyme activities of ‘Meiguixiang’ grapes [J]. Northern Hortic, 2012, (10): 12–15.
- [9] 厉维江, 厉超阳, 谢亚利, 等. 采后 UV-C 处理对葡萄抗病性和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(9): 5351–5353.  
Li WJ, Li CY, Xie YL, *et al.* Effects of postharvest UV-C treatment on disease resistance and quality of grapes [J]. Anhui Agric Sci, 2011, 39(9): 5351–5353.
- [10] Salunkhe DK. Postharvest biotechnology of fruits boca raton [M]. Florid: CRC Press, 1984.
- [11] 裴茹. 高压静电场处理对玫瑰香葡萄保鲜效果的影响[J]. 唐山师范学院学报, 2008, 30(5): 56–57.  
Pei R. Effect of high voltage electrostatic field treatment on the preservation effect of ‘Meiguixiang’ grape [J]. J Tangshan Teachers Coll, 2008, 30(5): 56–57.
- [12] 刘铁玲, 孙贵宝, 李煜. 高压静电场处理对葡萄鲜度保持的影响[J]. 农机化研究, 2007, (5): 164–166.  
Liu TL, Sun GB, Li Y. Effect of high voltage electrostatic field treatment on grape freshness maintenance [J]. Agric Mech Res, 2007, (5): 164–166.
- [13] 黄利强. 磁场结合气调包装对葡萄保鲜效果的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 23–26.  
Huang LQ. Study on the effect of magnetic field combined with modified atmosphere packaging on grape fresh-keeping [J]. Packag Eng, 2010, 31(11): 23–26.
- [14] 杨建华, 马瑜, 李勃, 等. 乙醇气体缓释处理对鲜食葡萄保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(4): 32–38.  
Yang JH, Ma Y, Li B, *et al.* Effect of slow release of ethanol gas on fresh-keeping effect of table grapes [J]. Preserv Proc, 2015, 15(4): 32–38.
- [15] Ilana A, Edna P. The control of postharvest decay in table grapes using acetaldehyde vapours [J]. Annal Appl Biol, 1991, 118(1): 229–237.
- [16] 于天颖, 刘坤. 葡萄贮藏期病害及保鲜技术研究进展[J]. 北方果树, 2005, (5): 1–3.  
Yu TY, Liu K. Research progress on disease and preservation technology of grape during storage [J]. Northern Fruit Tree, 2005, (5): 1–3.
- [17] Eris A. The effects of vapor phase H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application on postharvest decay of grape. cv. Muskule [J]. Acta Hort, 1994, (368): 777–785.
- [18] Huali H. Hydrogen-rich water delays postharvest ripening and senescence of kiwifruit [J]. Food Chem, 2014, 156(11): 100–109.
- [19] 臧学文. 氢气对巨峰葡萄贮藏品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.  
Zang XW. The effect of hydrogen on the storage quality of Jufeng grape [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2016.
- [20] 赵素平. 氢气处理对猕猴桃采后品质及保鲜作用的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2017.  
Zhao SP. Effect of hydrogen treatment on postharvest quality and preservation of kiwifruit [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2017.
- [21] 傅茂润, 杜金华, 谭伟, 等. ClO<sub>2</sub> 对葡萄贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(4): 154–157.  
Fu MR, Du JH, Tan W, *et al.* Effects of ClO<sub>2</sub> on grape storage quality [J]. Food Ferment Ind, 2005, 31(4): 154–157.
- [22] 曾柏全, 邓子牛, 熊兴耀, 等. 二氧化氯对藤稔葡萄保鲜及贮藏品质的影响[J]. 经济林研究, 2007, 25(1): 49–51.  
Zeng BQ, Deng ZN, Xiong XY, *et al.* Effects of chlorine dioxide on the preservation and storage quality of fuminori grape [J]. Econ Forest Res, 2007, 25(1): 49–51.
- [23] 许萍, 乔勇进, 周慧娟, 等. 固体二氧化氯保鲜剂对夏黑葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2012, (10): 2826.  
Xu P, Qiao YJ, Zhou HJ, *et al.* Effect of solid chlorine dioxide preservative on the fresh-keeping effect of summer black grape [J]. Food Sci, 2012, (10): 2826.
- [24] Gianfranco R. Effect of chitosan dissolved in different acids on its ability to control postharvest gray mold of table grape [J]. Phytopathology, 2009, 99(9): 1028–1036.
- [25] Farahi MH. The impact of Aloe vera gel as postharvest treatment on the quality and shelf life of table grape cv. ‘Askari’ [J]. Agric Commun, 2015, 3(1): 30–36.
- [26] Xu WT. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control Botrytis cinerea [J]. Postharv Biol Technol, 2007, 46(1): 86–94.
- [27] Tripathi P, Dubey NK, Shukla AK. Use of some essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of grey mould of grapes caused by Botrytis cinerea [J]. World J Microbiol Biotechnol, 2008, 24(1): 39–46.
- [28] 朱成年. 采前喷施过磷酸钙对红提葡萄常温贮藏的影响[J]. 新疆农垦科技, 2011, 34(3): 57–58.  
Zhu CN. Effect of pre-harvest superphosphate on the storage of red grape at room temperature [J]. Xinjiang Agric Reclam Sci Technol, 2011, 34(3): 57–58.
- [29] 汉瑞峰. 硝酸钾、过磷酸钙采前喷施处理对红地球葡萄采后贮藏生理的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.  
Han RF. Effects of pre-harvesting of potassium nitrate and superphosphate on the postharvest storage physiology of red earth grapes [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2008.
- [30] Qin G, Zong Y, Chen Q, *et al.* Inhibitory effect of boron against Botrytis cinerea on table grapes and its possible mechanisms of action [J]. Inter J Food Microbiol, 2010, 138(1): 145–150.
- [31] 庞博, 杨志轩, 任浩, 等. 新型水果保鲜剂对葡萄冷藏保鲜的作用研究[J]. 食品科技, 2014, 39(6): 52–56.  
Pang B, Yang ZX, Ren H, *et al.* Study on the effect of new fruit preservative on grape cold preservation [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(6): 52–56.
- [32] 李丹, 赵晓敏, 李学文, 等. 采前赤霉素处理对无核白葡萄采后落粒及品质的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2016, 39(6): 472–476.  
Li D, Zhao XM, Li XW, *et al.* Effects of pre-harvest gibberellin treatment on post-harvest graining and quality of seedless white grapes [J]. J Xinjiang Agric Univ, 2016, 39(6): 472–476.
- [33] Zoffoli JP. Preharvest applications of growth regulators and their effect on postharvest quality of table grapes during cold storage [J]. Postharv Biol Technol, 2009, 51(2): 183–192.

- [34] 王金锋, 王录俊, 朱志强, 等. 晚熟葡萄脉冲渗透式双重杀菌贮藏保鲜综合技术研究[J]. 天津农业科学, 2016, 22(11): 30–36.  
Wang JF, Wang LJ, Zhu ZQ, *et al.* Study on comprehensive technology of pulse osmosis double sterilization storage and preservation of late ripening grapes [J]. Tianjin Agric Sci, 2016, 22(11): 30–36.
- [35] 曹雪玲, 鲍长坤, 陈颖, 等. 微波法制备纳米银胶及其在葡萄保鲜中的应用[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2016, 30(4): 58–62.  
Cao XL, Bao CK, Chen Y, *et al.* Preparation of nano silver glue by microwave method and its application in grape preservation [J]. J Beijing Union Univ (Nat Sci Ed), 2016, 30(4): 58–62.
- [36] 许志, 曾柏全, 赵莹, 等. 壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂涂膜对葡萄品质的影响[J]. 中南林业科技大学学报(自然科学版), 2010, 30(9): 177–180.  
Xu Z, Zeng BQ, Zhao Y, *et al.* Effect of chitosan addition of nano-calcium carbonate additive coating on grape quality [J]. J Cent South Univ Forest Technol (Nat Sci Ed), 2010, 30(9): 177–180.
- [37] 李桂峰. 可食性膜对鲜切葡萄生理生化及保鲜效果影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.  
Li GF. Effect of edible film on physiological and biochemical and fresh-keeping effects of fresh-cut grapes [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2005.
- [38] Wu J, Xu J, Zhu F. Chapter 103 different ozone processing conditions on grapes storage quality [J]. Inf Manag Sci, 2013, (103): 781–789.
- [39] Sabir A, SabirFerhan K, KaraZeki. Effects of modified atmosphere packing and honey dip treatments on quality maintenance of minimally processed grape cv. Razaki (*V. vinifera* L.) during cold storage [J]. Food Sci Technol, 2011, 48(3): 312–318.
- [40] Mulugeta A, Mduduzi EKN, Umezurike LO. Investigating the effects of table grape package components and stacking on airflow, heat and mass transfer using 3-D CFD modelling [J]. Food Bioproc Technol, 2013, (6): 2571–2585.
- [41] Voltaire SA, Alexandre HE, Ana PFC. Grapemarc powder: physicochemical and microbiological stability during storage and moisture sorption isotherm [J]. Food Bioproc Technol, 2014, (7): 2500–2506.
- [42] Ma CY, Fu ZT, Xu M. Evaluation on home storage performance of table grape based on sensory quality[J]. Food Sci Technol, 2016, 53(3): 1363–1370.
- [43] Benkhemmar O, Lahlou H, Dupont J. Identification of different species of *Penicillium* causing deterioration of the Moroccan table grapes during storage [J]. Mycopathologia, 1993, (124): 27–30.
- [44] 屈彦伯, 孙静, 章程辉. 保鲜纸对‘红地球’葡萄品质的影响[J]. 北方园艺, 2015, 351(24): 118–122.  
Qu YB, Sun J, Zhang CH. The effect of wrap on the quality of 'Red Earth' grapes [J]. Northern Hortic, 2015, 351(24): 118–122.
- [45] 刘淑仪, 张劲, 李玮, 等. 不同保鲜剂处理对贮藏期广西巨峰冬葡萄品质的影响[J]. 南方农业学报, 2014, 45(12): 2236–2241.  
Liu SY, Zhang J, Li W, *et al.* Effects of different preservative treatments on the quality of Guangxi Jufeng winter grape during storage [J]. Southern Agric J, 2014, 45(12): 2236–2241.
- [46] 陈志军, 孔秋莲, 岳玲, 等. 电子束辐照对进口葡萄色泽及保鲜效果的影响[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2013, 31(6): 48–52.  
Chen ZJ, Kong QL, Yue L, *et al.* Effect of electron beam irradiation on the color and preservation effect of imported grapes [J]. J Rad Res Rad Proc, 2013, 31(6): 48–52.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



刘程宏, 主要研究方向为果树栽培生理。  
E-mail: 421781004@qq.com