

农产品贮藏加工

柿果实采后保鲜技术研究进展

李江阔^{1,2}, 颜碧¹, 张鹏²

(1.沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866; 2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津) 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: **目的** 综述保鲜技术在柿果实保鲜领域的应用进展, 通过对各种保鲜技术保鲜效果的探讨, 为我国柿果实采后保鲜的研究提供参考, 并对我国柿果实采后保鲜贮藏的进一步研究进行展望。**方法** 介绍柿果实特性、采后生理状况、软化机制, 以及物理保鲜、化学保鲜、生物保鲜在柿果实保鲜领域的应用。**结果** 保鲜技术在柿果实保鲜领域具有很好的应用前景, 不仅能延长贮藏时间, 达到较好的保鲜效果, 而且保持了柿果实较好品质。不过在成本、残留以及推广方面仍存在一些缺陷, 有待进一步优化。**结论** 保鲜技术在采后的柿果实保鲜方面发挥着极其重要的作用。

关键词: 柿果实; 保鲜; 软化; 贮藏; 研究进展

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)11-0001-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.11.001

Research Progress on Postharvest Preservation Technology of Persimmon

LI Jiang-kuo^{1,2}, YAN Bi¹, ZHANG Peng²

(1.School of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to review the application progress of preservation technology in the persimmon preservation, discuss preservation effects of various preservation technologies, provide a reference for the research on postharvest preservation of persimmon and further prospect its research directions in China. Characteristics, postharvest physiological conditions, softening mechanisms of persimmon, and the application of physical, chemical and biological preservation in the preservation persimmon were introduced. The preservation technology had a good application prospect in the persimmon preservation field, which not only prolonged the storage time to achieve a better preservation effect, but also maintained the good quality of the persimmon. However, there were some shortcomings in cost, residue and promotion, which needed to be further optimized. The preservation technology plays an extremely important role in preservation of postharvest persimmon.

KEY WORDS: persimmon; preservation; softening; storage; research progress

收稿日期: 2019-04-07

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0401303); 广西科技基地和人才专项(桂科AD17129011)

作者简介: 李江阔(1974—), 男, 博士, 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)副研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术。

通信作者: 张鹏(1981—), 女, 博士, 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)副研究员, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

1 柿果实的特性

柿属于柿科柿属浆果类水果,又名侯枣、朱果、红嘟嘟,原产于中国,在我国具有悠久的栽培历史,迄今为止已有3000多年,栽培面积约为20万 hm^2 ^[1-2]。我国柿果实年产量达160万t,占世界产量的80%左右^[3-4]。柿果实是我国重要的经济作物,四大水果(苹果、梨、葡萄、柿果实)之一^[5]。柿果实在我国分布非常广泛,很多省份均有种植,如陕西、福建、广西、河南、河北等,其中主要分布在河北、广西、河南,在黑龙江、吉林和内蒙古等地种植极少^[6-7]。

柿果实形状多样,香甜多汁,具有较好的营养价值和药用价值,深受消费者的喜爱^[4]。从营养价值方面看,柿果实中含有丰富的糖、维生素、矿物质、胡萝卜素等营养物质,这些营养物质对人体的健康起着很大的作用^[8];从药用价值方面看,食用柿果可以起到预防高血压和癌症的作用^[9-10]。由《名医别录》和《本草纲目》中记载可知,柿果实不仅可以清热润肺和健脾涩肠,还能起到治疗咳嗽和止血的作用^[11]。

柿果实属于呼吸跃变型果实,采后的柿果实极不耐贮藏,随着贮藏时间的延长,细胞壁成分在水解酶的作用下逐渐降解,柿果实含有的内源乙烯会诱发呼吸高峰,加强了柿果的呼吸代谢,导致柿果软化和衰老现象的发生,最终导致柿果营养成分流失,口感和风味变差,严重地影响柿果的经济价值。由此可见,在柿果实采后采取适当的贮藏保鲜技术对于延长采后柿果实的贮藏时间极其重要。传统的柿果实贮藏技术容易导致贮藏期柿果实硬度和色泽下降,缩短贮藏时间,加快采后柿果软化和成熟的进程,保鲜效果较差^[4]。文中主要介绍减压保鲜、高压静电保鲜、1-甲基环丙烯(1-Methylcyclo-Propene, 1-MCP)保鲜和气调保鲜等技术在柿果实贮藏保鲜中的应用,各种保鲜技术对柿果实采后保鲜机制和效果,并对柿果实保鲜领域的研究进展提出展望。

2 柿果实采后生理

2.1 呼吸强度及乙烯生成量

柿果实 在 0~1 °C 贮藏环境中,呼吸强度的变化趋势表现为先上升,达到峰值后逐渐下降,当出现呼吸高峰时,柿果实的呼吸作用增强,并快速衰老软化,贮藏时间缩短,因此调控呼吸高峰的延迟出现,可以延长贮藏期^[12]。柿果实 在贮藏期间,对软化和衰老起主要作用的激素是乙烯,柿果实的种类不同,内源乙烯的含量也不同。采收前的柿果实乙烯含量很低,但随着贮藏时间的延长,乙烯含量会逐渐升高。

2.2 营养成分的变化

在贮藏期,柿果实的营养成分含量的变化快慢影响着贮藏时间的长短。柿果含糖量(质量分数)为8.06%~19.47%,在贮藏过程中,果实含糖量呈下降趋势^[12-13]。柿果的可滴定酸含量较低,含酸量(质量分数)一般在0.07%~0.19%之间,随着贮藏时间的延长,呈现逐渐降低的趋势^[14]。柿果实的Vc含量很高,幼果期含量在300~500 mg/100 g之间,在贮藏过程中,Vc含量的变化趋势呈现先升高后降低的趋势^[15]。

3 柿果实的软化机制

3.1 细胞壁主要组分的变化

果胶和纤维素作为柿果细胞壁的主要组成成分,在水解酶的作用下容易降解,会造成细胞壁的破坏,导致果实软化^[16-17]。原果胶是果胶的主要组成成分,随着贮藏时间的延长,由不溶状态转变为可溶状态,造成细胞的损伤和硬度下降^[17]。纤维素由葡萄糖聚合而成,含有氢键,使果实具有一定硬度^[18]。半纤维素是存在于纤维素分子中的多聚糖^[19]。柿果在贮藏过程中纤维素和半纤维素含量呈现相同的变化趋势,随着贮藏时间的延长,含量逐渐降低^[20-21]。

3.2 柿果实软化相关的水解酶

由于柿果实的品种和成熟度存在差异,造成细胞壁物质降解的水解酶也不同,细胞壁物质的水解需要多种水解酶协调作用^[22]。多聚半乳糖醛酸酶(PG)在果胶酸的水解中起着决定性作用,可将其水解为低聚半乳糖醛酸,导致果实硬度降低,最终造成柿果出现软化和衰老情况^[21-22];果胶甲酯酶(PE)水解果胶酯酸生成果胶酸,为PG的水解作用提供底物果胶酸,进一步导致细胞壁组分的降解,导致软化现象的发生^[23-25];纤维素酶(Cx)能水解羧甲基纤维素和木葡聚糖,造成细胞壁的损坏,进而导致柿果的软化^[19,23-24]。在柿果实采后贮藏期间,PG和Cx活性的变化趋势呈现为先增加,到达峰值后下降的趋势;PE在果实成熟初期活性较高,随着贮藏时间的延长,果实逐渐成熟,PE活性逐渐降低^[20-21]。

3.3 激素

激素对柿果实软化和成熟的调控是一个复杂过程,需要不同的激素协调作用。其中,生长素是成熟衰老抑制剂,抑制其活性可促进果实成熟。乙烯能促进呼吸作用和淀粉的水解,促进果实的成熟。可抑制乙烯合成酶的活性从而抑制乙烯合成,以延缓柿果实的软化和衰老。细胞分裂素和赤霉素在柿果实生长过程可抑制乙烯的生成速率,抑制呼吸作用,延缓柿果实软化和衰老,延长贮藏时间^[25]。采摘后的柿果实,

随着贮藏时间的延长, 乙烯与脱落酸的含量逐渐上升, 而生长素、细胞分裂素、赤霉素含量逐渐下降^[26]。

4 国内外柿果实保鲜技术现状

4.1 物理保鲜

4.1.1 低温保鲜

低温保鲜是让柿果处于适宜的低温贮藏环境中, 抑制果实的一系列生命活动, 延长贮藏期, 达到保鲜目的。林菲等^[14]利用低温贮藏柿果实, 测定其贮藏期的生理指标, 结果表明, 适宜的低温能够让柿果保持较好的营养成分含量和硬度, 抑制呼吸作用, 延缓柿果实成熟和软化, 延长柿果实采后贮藏期。占习娟^[27]等通过冻藏、冷库贮藏、液藏和冷藏结合气调贮藏“牛心柿”, 研究表明, 4种贮藏方式均可抑制柿果的呼吸强度, 保持较好的果实品质, 延长贮藏时间, 其中冷藏结合气调贮藏的处理方式效果最好。李江阔等^[28]通过低温驯化柿果实, 发现低温驯化可抑制柿果硬度下降, 降低乙烯生成速率, 抑制水解酶活性的上升, 使柿果保持较好口感, 并延长了采后柿果的贮藏期。魏宝东等^[29]通过冰温结合 1-MCP 贮藏磨盘柿, 研究发现处理可以抑制呼吸强度增强和硬度的下降, 延缓软化和衰老。低温保鲜可以保持果实较好的品质, 在国内外保鲜领域应用广泛, 近几年主要将其与 1-MCP 结合贮藏, 保鲜效果更好。由于温度过低易造成冷害现象, 因此, 冷藏前应进行预冷处理。

4.1.2 减压保鲜

减压保鲜是使柿果实处于内压低于外压的贮藏环境中, 抑制柿果生命活动, 排除代谢气体, 延缓柿果的成熟和衰老^[30]。张平^[31]、黄森^[32]、李江阔^[33]等分别以火柿、水柿、磨盘柿等为实验材料, 通过减压贮藏柿果实, 观察贮藏期间柿果实品质的变化情况, 结果发现减压贮藏不仅可以抑制柿果实硬度的下降, PG 和 PE 活性的上升, 而且还能抑制乙烯的生成速率, 保持较高的营养成分含量, 进而提高贮藏期柿果营养品质, 延长贮藏时间, 达到了较好的保鲜效果。减压贮藏能够延长果实的贮藏期, 达到保鲜的目的, 且操作方便, 但是成本价高, 易造成果实失水, 在推广应用上存在一定困难。

4.1.3 高压静电保鲜

柿果实处于高压静电场的环境下, 会产生臭氧和负离子, 臭氧具有较强的氧化性, 可以氧化分解乙烯, 推迟柿果实软化和成熟; 负离子能够抑制呼吸强度, 延长贮藏期。目前, 利用高压静电保鲜柿果实的研究较少。Liu^[34]、孙贵宝等^[35]研究表明, 利用高压静电场处理柿果实可以降低质量损失率和 Vc 损失, 也能保持较好的硬度, 抑制丙二醛含量产生, 延缓果实衰

老和软化, 起到较好的保鲜效果。高压静电贮藏不仅可以延长果实的贮藏时间和减少营养成分的损失, 而且具有无毒、无化学残留、操作过程简单等优点。

4.1.4 气调贮藏保鲜

4.1.4.1 自发气调贮藏

自发气调贮藏(MA)是利用薄膜包装柿果实, 柿果实通过自身的呼吸作用, 造成低 O₂ 和高 CO₂ 的贮藏环境, 进而减少柿果实生命活动, 达到延长柿果实贮藏期和保鲜的目的。自发气调贮藏操作简单、成本较低, 在我国的保鲜应用中十分普遍。保鲜效果主要取决于包装材料的种类和气孔大小, 贮藏环境中气体不能自主调控, 若呼吸作用产生的不利气体过多, 则会对保鲜产生不良的效果。Fahmy^[36]、李灿^[37]等研究发现, 采用 MA 贮藏‘Jiro’果实和‘尖柿’, 对二者组织硬度下降, 呼吸强度、酶活性的升高, 以及细胞壁组分的降解均有较好的抑制效果, 而且还可以降低乙烯生成量, 延缓柿果实品质的劣变和软化的发生。

4.1.4.2 人工气调贮藏

人工气调贮藏(CA)是通过调节贮藏环境中的气体, 抑制柿果实的呼吸代谢、酶活性和微生物活动, 降低柿果实的细胞壁主要成分的降解, 减少细胞壁的损坏, 从而达到延长贮藏期和保鲜的效果。人工气调贮藏便于调控贮藏环境的气体, 达到最佳的贮藏气体环境, 保鲜效果稳定可靠, 在柿果实保鲜方面应用广泛。陆曼婵^[38]通过 O₂(3%)+CO₂(3%) 和 O₂(3%)+CO₂(9%) 处理‘恭城月柿’实验材料, 发现 O₂(3%)+CO₂(3%) 处理作用效果较好, 显著地抑制了月柿果实硬度的下降, 抑制了月柿呼吸强度, 能够保持较好的营养品质。刘柳^[39]采用 O₂(1%)+CO₂(1%), O₂(1%)+CO₂(3%), O₂(3%)+CO₂(3%) 处理不同品种的柿果实, 发现 O₂(1%)+CO₂(1%) 处理抑制了柿果抗坏血酸含量的下降与丙二醛含量的上升, 能够较好地保持柿果品质, 而 O₂(1%)+CO₂(3%) 处理会增加果实腐烂率, 降低果实的耐贮性。Park 等^[40]采用不同浓度的氧气处理‘Fuyu’柿果, 研究表明, 当氧气体积分数低于 0.4% 时, 会增加柿果的褐变率, 促进柿果的成熟和软化, 对贮藏期的柿果实影响极不利。Arnal 等^[41]用 N₂(90%)+CO₂(10%) 和 N₂(97%)+空气处理‘Rojo Brillante’柿果, 发现后者对柿果贮藏效果较好, 可以保持柿果良好的色泽, 减少柿果营养成分的流失, 保持较好的品质。当运用气调贮藏柿果实时, O₂ 浓度过低会增加褐变率, CO₂ 和 N₂ 的浓度高却有利于柿果实的贮藏。柿果实品种和成熟度不同, 所需 O₂, CO₂, N₂ 的气体成分配比则不同。

4.2 化学保鲜

4.2.1 1-MCP 保鲜

1-MCP 是一种人工合成的无毒、高效、无气味、

稳定性好、易于合成的乙烯受体抑制剂,在鲜花保鲜方面已经得到广泛的应用。1-MCP 结合乙烯受体上的金属离子,使乙烯不能与金属离子相结合,阻碍乙烯引起的成熟反应过程,延缓果实的成熟和衰老^[42]。宫庆涛^[43]、孙浩^[44]、周斌等^[45]研究发现,柿果实在贮藏期间,采用 1-MCP 处理能够抑制果实硬度降低、呼吸强度和营养成分的流失,维持较好的品质,延长柿果的贮藏时间。Zhang 等^[46]研究发现 1-MCP+1 °C+CO₂ (5%) 处理‘房山’柿果实,不仅可以保持较好的营养成分,还可以延长柿果实的贮藏期。Min 等^[47]采用 CO₂ 结合 1-MCP 处理柿果实,研究发现,能够抑制柿果实硬度下降和可溶性果胶含量的增加,降低果实细胞壁成分的降解速度和营养物质的流失速度,维持柿果较好的品质。近几年 1-MCP 贮藏保鲜备受关注,在果蔬保鲜方面研究较多,对果实有较好保鲜效果,成本低,但是使用浓度过高,容易影响果实的软化和风味。

4.2.2 Ca²⁺保鲜

Ca²⁺可以与果胶作用,形成交联网状结构,可以保持水果硬度,降低果实腐烂率。林菲^[13]、夏红^[48]、周瑞金等^[5]通过 CaCl₂ 处理柿果实,研究表明,CaCl₂ 处理能保持较高 Vc、TA 营养物质含量,降低营养物质的流失,保持较高的硬度,延缓采后柿果实软化和贮藏时间,达到保鲜目的。Naser 等^[49]在冷藏期间,利用热水和乳酸钙处理‘Karaj’柿果,发现不仅可以维持较高的硬度、减少质量损失率,还可以减少冷害现象。虽然采用 Ca²⁺保鲜较方便,但是使用浓度过高,会造成一些生理病害,因此在使用时应该注意恰当浓度。

4.2.3 亚硫酸氢钠保鲜

亚硫酸氢钠吸水后会释放二氧化硫气体,抑制细菌、酵母、霉菌的发育繁殖,防止柿果实腐烂变质,达到保鲜的效果。王华瑞^[13]研究发现,通过亚硫酸氢钠处理柿果,能维持较高的营养成分含量,其中 Vc 含量的保持效果较好,但在贮藏期间也会产生一些不良病害。吴金雄^[50]研究发现,在贮藏过程中,利用亚硫酸氢钠处理葡萄,不仅可以维持葡萄良好的感官品质和较好的风味品质,还可以延长葡萄的贮藏期 3~5 个月,对于葡萄具有较好的保鲜效果。虽然亚硫酸钠对于果蔬具有较好的保鲜效果,但是会导致化学品的残留,以及对贮藏期间产生一些不良影响,因此在果蔬保鲜中的应用较少。

4.2.4 臭氧保鲜

臭氧是一种具有强氧化性和高抑菌作用的化学保鲜剂。不仅可以杀死有害微生物,还能够氧化分解乙烯,延缓果实的软化成熟,延长贮藏期。杨绍艳^[51]采用低温结合臭氧处理磨盘柿,研究发现,处理后能

够有效地抑制磨盘柿 Vc 含量的下降、酶活性升高和硬度下降,延缓软化进程。乔勇进^[4]研究发现,柿果实在贮藏期间,采用 88.6~134 mg/m³ 的臭氧处理可维持较高的硬度,减缓营养物质的流失,保持较好的口感、风味和含水量,延长柿果的贮藏时间,贮藏保鲜时间达到 40 d。虽然臭氧的保鲜效果较好,但是臭氧不稳定,其作用效果容易受环境因素的影响,而且使用浓度过大容易腐蚀设备和对人体造成危害。

4.2.5 乙烯吸收剂保鲜

在贮藏过程中,随着柿果的成熟,乙烯的含量逐渐增加,进而加速采后柿果衰老和软化的进程,利用乙烯吸收剂除去贮藏环境中的乙烯可以延缓果实衰老^[52]。林菲^[14]、陆胜民^[53]、黄森等^[54]研究表明,用乙烯吸收剂处理柿果实,能够抑制柿果实硬度的下降,延长柿果实的贮藏期。延缓细胞衰老,对于柿果实具有良好的保鲜效果。王华瑞^[13]研究发现,气调贮藏结合乙烯吸收载体、赤霉素贮藏柞头柿,不仅可以维持柞头柿较好的硬度,还能延长采后果实的贮藏期,从而达到保鲜贮藏效果,保鲜期为 3~5 个月。乙烯吸收剂对果实的品质和风味影响较小,对采后的果实保鲜效果较好,操作方便简单。

4.3 生物保鲜

4.3.1 利用微生物菌体及其代谢产物的保鲜

利用微生物菌体及其代谢产物抑制柿果中有害微生物的活动,降低有害微生物对果实的伤害,延长贮藏时间^[55-56]。Ergun 等^[57]在 4°C 条件下,用蜂胶溶液处理柿果,结果表明,可保持较好的果实硬度,减缓营养成分降解,降低酶的活性,保持较好的果实品质,达到延长保鲜贮藏时间的目的。利用微生物菌体及其代谢产物保鲜果实不仅有较好的保鲜效果,而且具有高效、无毒、无化学残留等优点。

4.3.2 天然提取物的保鲜

利用天然提取物中的活性物质来抑制果实在贮藏期的生命活动,延长果实的贮藏期^[56]。Xu 等^[58]研究发现,葡萄柚籽提取物中的酚类化合物,可以推迟多酚氧化酶和过氧化物酶活性峰的出现,从而抑制果实细胞壁组分的降解,保持果实较好的硬度和品质,延缓软化和衰老,延长果实的贮藏时间。天然提取物在国内外果蔬保鲜中应用较广泛,但是在柿果保鲜方面研究较少,有待进一步研究。

4.3.3 基因工程保鲜技术

通过基因工程手段调节乙烯合成相关酶的基因表达,抑制柿果乙烯生成,延缓果实衰老和软化,达到保鲜效果^[56]。宋俊岐^[59]、申晓鸿等^[60]研究发现,利用基因工程技术将 ACC 脱氢酶基因和次郎柿 ACC 合成酶的 RNAi 基因分别转入番茄和次郎柿中,均可降

低乙烯的生成速率,对采后的果实营养成分保持较好,进而延缓果实的成熟和软化的进程。基因工程保鲜可延长果实的贮藏时间,对果实的保鲜效果较好,但操作过程复杂,操作时间较长,成本较高,在我国果蔬保鲜方面应用较少。

5 结语

常温下,柿果实耐贮藏性较差,采后贮藏一段时间就会出现软化现象,随后便会腐烂,不利于果实的运输与贮藏,严重影响柿果实的营养品质和经济价值,严重影响柿果实产业的发展,因此,采取恰当的贮藏保鲜技术对柿果实的保鲜非常重要。各种贮藏保鲜技术的作用机理和保鲜效果均不同,应根据柿果实种类、成熟度、贮藏环境的不同,选择不同的贮藏技术,以达到最佳的保鲜效果。目前,低温保鲜技术、减压保鲜技术、1-MCP 保鲜技术、臭氧保鲜技术和气调保鲜技术在柿果实保鲜贮藏上已经得以普遍应用。虽然这些保鲜技术优点很多,但是也伴随着一些弊端。虽然一定的低温处理能达到很好的保鲜效果,但容易导致冷害现象的发生;减压保鲜技术经济、节能、操作方便,但是成本较高,在推广应用上存在一定困难;1-MCP 保鲜效果较好,成本低,但是使用浓度过高,容易影响果实的软化和风味;臭氧贮藏保鲜效果易受贮藏环境因素,如:温度和湿度的影响较大,所以保鲜效果极不稳定,而且使用浓度过大,容易腐蚀设备和对人体健康造成危害;气调保鲜技术节约成本、稳定可靠、安全、无毒无污染。生物技术保鲜因操作困难,成本较高,在果蔬保鲜方面应用较少,在柿果实贮藏保鲜方面的研究更少,有待进一步研究。

通过对以上几种保鲜效果的探讨可知,与单一保鲜技术相比,不同的保鲜技术相结合贮藏的保鲜效果较好,所以不同的保鲜技术搭配贮藏也是未来的发展趋势。在未来研究中,应对现有保鲜技术的不足继续深入研究,在发挥最大保鲜效果的同时避免副作用发生,同时继续研发高效、安全、无毒、无污染、低能节约资源的保鲜技术。

参考文献:

- [1] 张永卓. 部分中国原产甜柿种质甜涩性状的鉴定及其超低温保存的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2004.
ZHANG Yong-zhuo. Identification and Cryopreservation of Some Chinese Sweet Persimmon Germplasm [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2004.
- [2] 张雪丹, 张倩, 张静, 等. 1-MCP 和 CO₂ 处理对柿贮藏期和货架期品质的影响[J]. 江西农业学报, 2014(1): 1—5.
ZHANG Xue-dan, ZHANG Qian, ZHANG Jing, et al. Effects of 1-MCP and CO₂ Treatments on the Quality of Persimmon Storage and Shelf Life[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2014(1): 1—5.
- [3] 左大勋, 柳臻, 王希冀. 我国柿属植物资源的地理分布及利用[J]. 中国果树, 1984(3): 45—49.
ZUO Da-xun, LIU Liu, WANG Xi-qu. Geographical Distribution and Utilization of Diospyros Resources in China[J]. Chinese Fruit Tree, 1984(3): 45—49.
- [4] 乔勇进, 雷天慧, 卢慧玲. 臭氧对柿子采后保鲜效果的研究[J]. 农产品加工(上), 2018(5): 16—19.
QIAO Yong-jin, LEI Tian-hui, LU Hui-ling. Study on the Effect of Ozone on The Preservation of Persimmon after Harvest[J]. Agricultural Products Processing (I), 2018(5): 16—19.
- [5] 周瑞金, 扈惠灵, 苗卫东, 等. CaCl₂ 处理对采后柿果实生理变化的影响[J]. 广东农业科学, 2010, 37(2): 114—115.
ZHOU Rui-jin, HU Hui-ling, MIAO Wei-dong, et al. Effects of CaCl₂ Treatment on Physiological Changes of Postharvest Persimmon Fruit[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2010, 37(2): 114—115.
- [6] 刘滔, 朱维, 李春美. 我国柿子加工产业的现状与对策[J]. 食品工业科技, 2016(24): 363—369.
LIU Tao, ZHU Wei, LI Chun-mei. Current Status and Countermeasures of Persimmon Processing Industry in China[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016(24): 363—369.
- [7] 张宇. 广西柿采后贮运保鲜技术的发展现状及对策[D]. 南宁: 广西大学, 2016.
ZHANG Yu. Development Status and Countermeasures of Postharvest Storage and Transportation Technology of Persimmon in Guangxi[D]. Nanning: Guangxi University, 2016.
- [8] 夏宏义, 杨勇, 张永芳, 等. 阳丰甜柿果实营养成分和氨基酸组分分析[J]. 黑龙江农业科学, 2015(1): 116—120.
XIA Hong-yi, YANG Yong, ZHANG Yong-fang, et al. Analysis of Nutritional Components and Amino Acid Composition of Yangfeng Sweet Persimmon Fruit[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2015(1): 116—120.
- [9] 董文宾, 周悦, 修秀红. 柿果实脱涩新工艺及其影响因素研究[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2014(2): 109—112.
DONG Wen-bin, ZHOU Yue, XIU Xiu-hong. Study on New Technology of Dislocation of Persimmon Fruit and Its Influencing Factors[J]. Journal of Shaanxi University of Science and Technology(Natural Science Edition), 2014(2): 109—112.
- [10] 王从从, 石磊, 万守朋, 等. 百香柿果实果醋饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(12): 87—93.
WANG Cong-cong, SHI Lei, WAN Shou-peng, et al. Development of Fruit Vinegar Beverage with Passion Fruit[J]. Food Research and Development, 2018, 39(12): 87—93.

- [11] ITAMURA E, SUN N J. Postharvest Physiology of Persimmon Fruit (Review)[J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2009(50): 546—554.
- [12] 刘亚强, 张渭滨. 柿果后熟过程中的品质变化及脱涩机理[J]. 渭南师专学报(自然科学版), 2000(2): 28—30.
LIU Ya-qiang, ZHANG Wei-bin. Quality Changes and Mechanism of Dislocation in Persimmon Fruit Ripening Process[J]. Journal of Weinan Teachers College (Natural Science Edition), 2000(2): 28—30.
- [13] 王华瑞. 柿子长期保鲜技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
WANG Hua-rui. Research on Long-term Preservation Technology of Persimmon[D]. Beijing: China Agricultural University, 2003.
- [14] 林菲. 柿子保鲜及脱涩技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
LIN Fei. Research on Preservation and Dislocation Technology of Persimmon[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [15] 高经成, 袁明耀, 徐荣江. 柿果实后熟过程中生理代谢和品质变化及乙烯的催熟效果[J]. 食品科学, 1993, 14(4): 14—16.
GAO Jing-cheng, YUAN Ming-yao, XU Rong-jiang. Physiological Metabolism and Quality Changes of Persimmon Fruit during Ripening and Ethylene Ripening Effect[J]. Food Science, 1993, 14(4): 14—16.
- [16] 陆定志, 傅家瑞, 宋松泉. 植物衰老及其调控[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
LU Ding-zhi, FU Jia-rui, SONG Song-quan. Plant Senescence and Its Regulation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [17] 杨德兴, 戴京晶, 庞向宇, 等. 猕猴桃衰老过程中PG, 果胶质和细胞壁超微结构的变化[J]. 园艺学报, 1993(4): 341—345.
YANG De-xing, DAI Jing-jing, PANG Xiang-yu, et al. Changes of PG, Pectin and Cell Wall Ultrastructure during Senescence of Kiwifruit[J]. Journal of Horticulture, 1993(4): 341—345.
- [18] 王劲风, 方正明. 甜柿引种栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1—73.
WANG Jin-feng, FANG Zheng-ming. Introduction and Cultivation of Sweet Persimmon[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1995: 1—73.
- [19] 寇文丽. 磨盘柿软化调控机制及应用技术研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2012.
KOU Wen-li. Study on Softening Regulation Mechanism and Application Technology of Mopan Persimmon[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2012.
- [20] 胡芳. 甜柿采后生理特性及对 1-MCP 处理效应的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
HU Fang. Physiological Characteristics of Postharvest Sweet Persimmon and Its Effect on 1-MCP Treatment [D]. Yanglin: Northwest A&F University, 2006.
- [21] 李劫. 阳丰甜柿最佳采收期及保鲜技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
LI Jie. Study on the Best Harvesting Period and Preservation Technology of Yangfeng Sweet Persimmon[D]. Yanglin: Northwest A & F University, 2011.
- [22] 李雄彪. 植物细胞壁酶的分子结构与生理功能[J]. 植物生理学报, 1991(4): 246—252.
LI Xiong-biao. Molecular Structure and Physiological Function of Plant Cell Wall Enzymes[J]. Acta Physiologica Sinica, 1991(4): 246—252.
- [23] HUBER D J. The Role of Cell Wall Hydrolases in Fruit Softening[J]. Horticultural Reviews, 1983(5): 169—219.
- [24] AWAD M. Postharvest Variation in Cellulase, Polygalacturonase, and Pectinmethylesterase in Avocado (*Persea Americana* Mill, cv Fuerte) Fruits in Relation to Respiration and Ethylene Production [J]. Plant Physiology. 1979, 64: 306—308.
- [25] 孙洪强, 蒋春光, 庞占荣, 等. 贮藏鲜枣衰老机理[J]. 河北果树, 2008(5): 3—4.
SUN Hong-qiang, JIANG Chun-guang, PANG Zhan-rong, et al. Mechanism of Aging of Stored Fresh Dates[J]. Hebei Fruit Tree, 2008(5): 3—4.
- [26] LEE Y M, JANG S J. Effect of Preharvest Application of MGC-140 and GA3 on the Storability of 'Guyu' Persimmon (*Diospyros kaki* L)[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 1997, 38(2): 157—161.
- [27] 占习娟, 陈义伦, 张蕾, 等. 贮藏方法对柿果品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(7): 161—164.
ZHAN Xi-juan, CHEN Yi-lun, ZHANG Lei, et al. Effects of Storage Methods on the Quality of Persimmon Fruit[J]. Food and Fermentation Industry, 2006, 32(7): 161—164.
- [28] 李江阔, 梁冰, 张鹏, 等. 冰温结合低温驯化对磨盘柿软化生理的影响[J]. 北方园艺, 2014(3): 123—126.
LI Jiang-kuo, LIANG Bing, ZHANG Peng, et al. Effects of Ice Temperature Combined with Low Temperature Acclimation on Softening Physiology of Mopanshi Persimmon[J]. Northern Horticulture, 2014(3): 123—126.
- [29] 魏宝东, 梁冰, 张鹏, 等. 1-MCP 处理结合冰温贮藏对磨盘柿果实软化衰老的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 236—240.
WEI Bao-dong, LIANG Bing, ZHANG Peng, et al. Effects of 1-MCP Treatment Combined with Ice Temperature Storage on Softening and Senescence of Mopan Persimmon Fruit[J]. Food Science, 2014, 35(10): 236—240.
- [30] 姚强, 张晨, 贺家亮. 减压贮藏在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2009(4): 64—65.
YAO Qiang, ZHANG Chen, HE Jia-liang. Advances in the Application of Vacuum Storage in Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Agricultural Products

- Processing (Science), 2009(4): 64—65.
- [31] 张平, 张鹏, 李江阔, 等. 微型减压设施与磨盘柿保鲜效果研究[J]. 食品工业, 2011(1): 63—66.
ZHANG Ping, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Study on the Preservation Effect of Micro-decompression Facilities and Mopan Persimmon[J]. Food Industry, 2011(1): 63—66.
- [32] 黄森, 张继澍, 李维平. 减压处理对采后柿果实软化生理效应的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(5): 57—60.
HUANG Sen, ZHANG Ji-shu, LI Wei-ping. Effects of Decompression Treatment on Softening Physiological Effects of Postharvest Persimmon Fruit[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2003, 31(5): 57—60.
- [33] 李江阔, 张鹏, 张平. 减压贮藏对磨盘柿贮藏品质及生理生化的影响[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(5): 8—11.
LI Jiang-kuo, ZHANG Peng, ZHANG Ping. Effects of Vacuum Storage on Storage Quality, Physiology and Biochemistry of Mopan Persimmon[J]. Protection and Processing, 2010, 10(5): 8—11.
- [34] LIU Chi-en, CHEN Wen-ju, CHANG Chao-kai, et al. Effect of a High Voltage Vlectrostatic Field (HVEF) on The Shelf Life of Persimmons (*Diospyros kaki*)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 75: 236—242.
- [35] 孙贵宝, 刘铁玲, 路莎. 高压静电场处理磨盘柿贮藏保鲜的试验研究[J]. 农机化研究, 2007(6): 108—110.
SUN Gui-bao, LIU Tie-ling, LU Sha. Experimental Study on the Storage and Preservation of Mopan Persimmon by High Voltage Electrostatic Field[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(6): 108—110.
- [36] FAHMY K, NAKANO K. Effective Transport and Storage Condition for Preserving the Quality of 'Jiro' 3in Export Market[J]. Agriculture & Agricultural Science Procedia, 2016, 9: 279—290.
- [37] 李灿, 饶景萍. MA 贮藏对尖柿硬度及相关生理变化的影响[J]. 果树学报, 2005(4): 347—350.
LI Can, RAO Jing-ping. Effects of MA Storage on the Hardness and Related Physiological Changes of Persimmon Persimmon[J]. Journal of Fruit Science, 2005(4): 347—350.
- [38] 陆曼婵. 月柿贮藏期间环境因素对果实采后品质影响的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
LU Man-chan. Study on the Effects of Environmental Factors on Postharvest Quality of Fruits during Storage of Persimmon[D]. Nanning: Guangxi University, 2017.
- [39] 刘柳. 气调贮藏对不同品种柿果实耐贮性及品质的影响研究[D]. 南宁: 广西大学, 2018.
LIU Liu. Effects of Modified Atmosphere Storage on Storability and Quality of Different Persimmon Fruits[D]. Nanning: Guangxi University, 2018.
- [40] PARK Y M, LEE Y J. Induction of Modified Atmosphere-related Browning Disorders in'Fuyu' Persimmon Fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2008, 47(3): 346—352.
- [41] ARNAL L, BESADA C, NAVARRO P, et al. Effect of Controlled Atmospheres on Maintaining Quality of Persimmon Fruit cv 'Rojo Brillante' [J]. Journal of Food Science, 2008, 73(1): 5.
- [42] FAN X, BLANKENSHIP S M, MATTHEIS J P. 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening[J]. Amer Soc, 1999, 24: 690—695.
- [43] 宫庆涛, 武海斌, 李素红, 等. 常温贮藏条件下 1-甲基环丙烯对柿子品质的影响[J]. 北方园艺, 2018(19): 125—129.
GONG Qing-tao, WU Hai-bin, LI Su-hong, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene on the Quality of Persimmon under Normal Temperature Storage Conditions[J]. Northern Horticulture, 2018(19): 125—129.
- [44] 孙浩, 李天元, 高术杰, 等. 1-甲基环丙烯对冷藏期间甜柿质地的影响[J]. 食品工业, 2016(2): 145—149.
SUN Hao, LI Tian-yuan, GAO Shu-jie, et al. Effects of 1-Methylcyclopropene on the Texture of Sweet Persimmon during Cold Storage[J]. Food Industry, 2016(2): 145—149.
- [45] 周斌, 张鹏, 李江阔, et al. 1-MCP 处理对甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(18): 350—354.
ZHOU Bin, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effects of 1-MCP Treatment on Storage Quality of Sweet Persimmon and Electronic Nasal Analysis[J]. Food Science and Technology, 2015, 36(18): 350—354.
- [46] ZHANG Jia-lei, LU Jing-wei, MANTRI Nitin, et al. An Effective Combination Storage Technology to Prolong Storability, Preserve High Nutrients and Antioxidant Ability of Astringent Persimmon[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 241: 304—312.
- [47] MIN De-dong, DONG Lu-lu, SHU Pan, et al. The Application of Carbon Dioxide and 1-Methylcyclopropene to Maintain Fruit Quality of 'Niuxin' Persimmon during Storage Scientia Horticulturae[J]. 2018(229): 201—206.
- [48] 夏红, 曹卫华, 张志兰. 氯化钙对柿果贮期变化的影响[J]. 中国食物与营养, 2005(12): 35—36.
XIA Hong, CAO Wei-hua, ZHANG Zhi-lan. Effects of Calcium Chloride on the Storage Life of Persimmon Fruit[J]. Chinese Journal of Food and Nutrition, 2005(12): 35—36.
- [49] NASER F, RABIEI V, RAZAVI F, et al. Effect of Calcium Lactate in Combination with Hot Water Treatment on The Nutritional Quality of Persimmon Fruit during Cold Storage[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 233: 114—123.
- [50] 吴金雄. 亚硫酸氢钠保鲜葡萄[J]. 农家参谋, 1996(6): 31.
WU Jin-xiong. Sodium Bisulfite Fresh Grapes[J]. Farm

- staff, 1996(6): 31.
- [51] 杨绍艳. 臭氧保鲜梨和柿子的应用技术及作用机理研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2008.
- YANG Shao-yan. Application Technology and Mechanism of Ozone Preservation Pear and Persimmon[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2008.
- [52] 史庆平, 李东立, 许文才. 基于乙烯含量控制的果蔬保鲜包装技术发展现状[J]. 包装工程, 2011, 32(7): 117—121.
- SHI Qing-ping, LI Dong-li, XU Wen-cai. Development Status of Fruit and Vegetable Fresh-keeping Packaging Technology Based on Ethylene Content Control[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(7): 117—121.
- [53] 陆胜民, 殷君霞. 不同处理对常温贮藏柿子的生理和品质的影响[J]. 浙江万里学院学报, 2002, 15(1): 51—53.
- LU Sheng-min, YIN Jun-xia. Effects of Different Treatments on Physiology and Quality of Persimmon Stored at Normal Temperature[J]. Journal of Zhejiang Wanli University, 2002, 15(1): 51—53.
- [54] 黄森, 张院民, 王建芳, 等. 乙烯吸收剂处理对柿果实采后生理效应的影响[J]. 西北农业学报, 2006, 15(6): 140—143.
- HUANG Sen, ZHANG Yuan-min, WANG Jian-fang, et al. Effects of Ethylene Absorbent Treatment on Postharvest Physiological Effects of Persimmon Fruit[J]. Northwest Agricultural Journal, 2006, 15(6): 140—143.
- [55] 王刚霞, 席冬华, 吴忠红, 等. 生物保鲜技术在果蔬防腐中的应用及研究进展[J]. 生物技术进展, 2014(1): 12—16.
- WANG Gang-xia, XI Dong-hua, WU Zhong-hong, et al. Application and Research Progress of Biological Preservation Technology in Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Advances in Biotechnology, 2014(1): 12—16.
- [56] 张健雄, 辛嘉英, 徐宁. 国内外果蔬生物保鲜方法的研究现状与展望[J]. 农产品加工(学刊), 2014(22): 68—72.
- ZHANG Jian-xiong, XIN Jia-ying, XU Ning. Research Status and Prospects of Fruit and Vegetable Biological Preservation Methods at Home and Abroad[J]. Agricultural Products Processing (Science), 2014(22): 68—72.
- [57] ERGUN M, ERGUN N. Extending Shelf Life of Fresh-cut Persimmon by Honey Solution Dips[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2010, 34(1): 2—14.
- [58] XU Wen-tao, HUANG Kun-lun, QU Wei, et al. Inhibitory Activity of Grapefruit Seed Extract Against Fungi and Its Application in Preservations of Grape and Persimmon[J]. Food Science, 2008, 29(10): 41—46.
- [59] 宋俊岐, 赵春晖, 贺焰, 等. 控制果实成熟的植物基因工程研究进展[J]. 生物技术通报, 1997(5): 8—13.
- SONG Jun-qi, ZHAO Chun-hui, HE Yan, et al. Progress in Plant Genetic Engineering Controlling Fruit Ripening[J]. Biotechnology Bulletin, 1997(5): 8—13.
- [60] 申晓鸿, 马俊莲, 张子德, 等. 次郎柿 ACC 合成酶的转基因工艺研究[J]. 河北农业大学学报, 2007(6): 29—32.
- SHEN Xiao-hong, MA Jun-lian, ZHANG Zi-de, et al. Study on Transgenic Process of ACC Synthase from Jiro Persimmon[J]. Journal of Hebei Agricultural University, 2007(6): 29—32.