

刘晨霞, 乔勇进, 王 晓, 等. 桃果采后生理与贮藏保鲜技术研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 18–23.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.004

桃果采后生理与贮藏保鲜技术研究进展

刘晨霞^{1,2}, 乔勇进¹, 王 晓¹, 黄宇斐¹, 甄凤元^{1,2}

(1. 上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心, 上海 201403; 2. 上海师范大学生命与环境学院, 上海 200234)

摘要:桃是高营养果品,栽培面积大,分布广,是我国主要果树品种之一,但由于桃果特殊的生理生化特点和栽培学特性,桃果采后保鲜一直是世界性难题,突出表现在采后容易造成损伤,低温冷害引起的组织絮化、腐烂、褐变等问题,造成巨大采后损失,严重影响桃产业健康发展。本文在研究和调研基础上,探讨分析了桃果采后生理生化变化,对桃果实采后贮藏保鲜的主要影响因素进行了梳理,从物理、化学、生物等方面探究了桃果实采后不同的保鲜措施与方法,以期延长桃果保鲜期,提升桃果营养品质和食用品质,为桃果采后保鲜物流提供技术参考。

关键词:桃果;生理生化;贮藏;保鲜技术

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0018-05

桃 (*Amygdalus persica* L.) 属于蔷薇科 (*Rosaceae*) 桃属 (*Amygdalus* L.) 落叶果树,我国栽培历史悠久,因其结果早、效益较高、管理容易等特点,栽培面积在不断扩大,我国是桃资源大国,自 1993 年以来,我国桃种植面积和产量一直居世界第一,全国桃树栽培面积已超过 66.67 多万 hm^2 ,桃产量达 800 万 t 以上,占世界桃产量的 46%^[1]。我国桃品种极其丰富,栽培品种在 1 000 个以上,食用桃是我国桃产业发展的主体,常见有水蜜桃、油桃、油蟠桃、蟠桃、黄桃等^[2]。桃是五果(桃、李、杏、梨、枣)之首,素有“寿桃”和“仙桃”的美誉,汁多甘厚,香气浓郁,不仅是鲜食的佳品,也可加工成桃干、蜜饯、罐头、果汁、酸奶等食品供人们享用^[3]。桃子的主要营养成分是糖类,每 100 g 可食部分中含糖 10.7 g,为人体提供能量。桃果实中钙、磷、铁等微量元素丰富,含铁量为苹果和梨的 4~6 倍,能够参与人体血红蛋白的合成,预防缺铁性贫血。桃果皮和果实中含有多种酚类物质,具有抗氧化、抗癌、预防心血管疾病的生理功能^[4]。桃肉中膳食纤维成分的果胶颇多,能促进肠道蠕动,维持胃肠的正常结构与功能,有效预防大肠癌。

由于桃属于呼吸跃变型果实,皮薄肉嫩,营养丰富,采摘季节多为高温高湿的夏季,容易造成机械伤,影响采后贮藏和采后品质。同时由于桃果特殊的生理生化特点,桃果采后保鲜一直是世界性难题,突出表现在容易出现低温冷害,造成的组织絮化、腐烂、褐变等问题,桃果的贮藏保鲜一直是果品贮藏保鲜研究的难点和重点。多年来,国内外对桃果采后生理生化变化及保鲜技术方法等方面进行了大量研究,在低温保

鲜^[5]、热处理^[6]、减压贮藏^[7]、气调保鲜^[8]、辐照保鲜^[9]、1-MCP 处理^[10]和生物防治^[11-13]等方面取得了很多进展,为桃果采后保鲜研究和应用奠定了基础。

1 桃采后生理生化的研究

1.1 桃采后呼吸作用

肉质果实从生长停止到开始进入衰老期间的呼吸速率变化有 2 种模式:一种是表现为呼吸速率突然升高,这种果实一般称为呼吸跃变型果实;另一种不表现为呼吸速率显著上升,称为非呼吸跃变型果实^[14]。桃果是典型的呼吸跃变型果品,采收后平均呼吸强度比苹果高 1~2 倍,呼吸模式为跃变前期-呼吸高峰-跃变后期,呼吸强度和呼吸高峰出现的时间直接影响贮藏寿命。桃果的呼吸强度基本是一致的,水蜜桃在贮藏前期的呼吸强度为 25~30 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,基本趋于平稳,随着贮藏时间的延长,呼吸高峰出现,呼吸强度最高可达 35~50 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,桃果逐渐开始软化,硬度和可溶性固形物含量等营养物质消耗严重,不利于保鲜贮藏^[15]。

1.2 桃采后乙烯的生理作用

乙烯是一类植物生长调节激素,是果实成熟软化启动后的伴随因子,并在果实后熟软化进程中起作用^[16]。桃果在贮藏期间随着呼吸跃变的出现,大量乙烯物质释放,果实水解酶活性升高,加快了糖的积累与转变,促进了桃果实的成熟、细胞膜透性的增加,加快桃后熟的到来,使桃果实体内的水分大量蒸发散失,组织质地快速软化^[17]。未经保鲜处理的水蜜桃平均乙烯释放量为 50~100 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ^[18];玉露桃在采后 3 d 出现乙烯跃变,采后 8 d 跃变峰值出现,乙烯释放量达到 $(40 \pm 1) \text{ nL}/(\text{g} \cdot \text{h})$,此后组织迅速软化,导致鲜度和风味发生变化,贮藏期仅为 9 d^[19]。

1.3 桃采后酶活性变化

随着贮藏时间的延长,桃果实有机物质(可溶性碳水化合物、糖、酸等)作为呼吸基质逐渐被消耗,果实不断衰老,细胞内自由基动态平衡遭到破坏,大量自由基积累,造成细胞质膜系统损伤,引发细胞质膜上饱和脂肪酸的脂质过氧化, O_2^- 、 H_2O_2 、 $\cdot\text{OH}$ 等活性氧自由基含量增加,导致酶促反应

收稿日期:2017-05-09

基金项目:上海市科技兴农推广项目[编号:沪农科推字(2016)第 2-3-1 号];上海市农产品保鲜与加工技术服务平台项目(编号:14DZ2293900)。

作者简介:刘晨霞(1992—),女,山西吕梁人,硕士研究生,从事农产品保鲜和深加工。E-mail:571525611@qq.com。

通信作者:乔勇进,博士,研究员,从事农产品保鲜和深加工。Tel:(021)52235474;E-mail:yjqiao2002@126.com。

发生,膜脂过氧化程度加深,丙二醛(malondialdehyde,MDA)含量增加,膜质发生渗透,电解质外渗,细胞质相对电导率上升,细胞膜系统损伤严重。多酚氧化酶(polyphenoloxidase,PPO)活性提高,桃果实中酚类物质被氧化产生有色物质,导致组织褐变。桃果中过氧化物防御系统中的超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)、过氧化氢酶(catalase,CAT)和过氧化物酶(peroxidase,POD)等重要保护酶活性下降,果肉出现衰老、绵化,严重影响桃使用品质和商品价值^[20]。

1.4 桃采后细胞壁变化

桃属于果实植物,细胞壁中富含果胶,有着较高含量的半乳糖醛酸、半乳糖和阿拉伯糖,细胞壁结构是决定桃果实硬度的关键因素,细胞壁结构越紧密,桃果实硬度越大。沪454黄桃和锦绣黄桃在采后8d果皮细胞壁都发生了不同程度的质壁分离,细胞壁形状弯曲且细胞间隙增大^[21]。这是由于桃果实在贮藏前期硬度较高时,细胞壁较厚,在果实成熟软化过程中,细胞壁果胶多糖在果胶酶(PG和PE)的作用下降解为可溶性果胶和果胶酸,进一步降解为半乳糖醛酸、阿拉伯糖等分子,使细胞壁胞间层结构变得疏松,细胞之间相互分离,果实硬度开始下降。随着半乳糖醛酸果胶主链的断裂和半乳糖醛酸残基的降解,阿拉伯多糖、纤维多糖等中性糖也不同程度地降解,细胞壁物质质量持续下降,细胞壁变薄,桃成熟软化程度加深^[22]。

1.5 桃采后营养物质变化

桃果实中糖、酸、淀粉、维生素C(vitamin C)和矿物质等营养物质丰富,这些营养物质含量的变化与贮藏能力密切相关。桃果采收后主要通过呼吸作用消耗有机营养以维持正常的生命活动,随着贮藏时间的延长,营养物质不断减少。寒公主桃^[23]、奉化玉露桃^[24]、八月脆桃^[25]和青州蜜桃^[26]在贮藏期间,硬度均呈下降趋势。奉化玉露和八月脆桃的可溶性固形物(total soluble solid,TSS)含量在贮藏初期上升是由于果实软化、淀粉等物质转化为可溶性糖类导致的,后期随着呼吸底物的消耗,可溶性固形物含量逐渐降低;未完全成熟的八月脆桃和青州蜜桃被采摘后仍具有一定的生理活动,会继续在体内合成维生素C,由于此时维生素C合成速度快于维生素C的氧化分解,所以维生素C含量呈现上升趋势,当桃果完全成熟以后,体内不再合成维生素C,发生维生素C的氧化分解,所以维生素C经过一定的时间后呈现下降的趋势。由此可看出,随着贮藏时间的延长,桃果品质下降,会影响其风味和销售。

根据引起其发生变化的自身内部因素和外界环境因素采取相应的保鲜措施,研究桃果实的保鲜贮藏技术,减少腐烂,延长其贮藏保鲜期,避免旺季大量腐烂,淡季缺乏供应,从而达到对桃果实的保鲜贮藏,延长上市期限,降低损耗,减少环境和微生物污染,降低经济损失。从物理、化学、生物等方面概述了桃果实的保鲜贮藏技术,为桃果实的贮藏保鲜提供参考。

2 影响桃果贮藏保鲜的因素

2.1 品种

桃果品种与其耐藏性之间都有紧密的联系,不同品种的桃果实耐贮藏的差异很大。研究发现软溶质、早熟品种较为不耐贮藏,硬溶质、中晚熟、黏核类品种有较好的耐藏性^[16]。

如极早熟和早熟品种早花露、庆丰、五月鲜等桃的耐藏性差,一般为3~5d。撒花红蟠桃、大久保、白花凤凰水蜜桃和秋香等中熟和晚熟品种可贮藏14~28d。极晚熟品种绿化五号和满城雪桃等较耐贮藏,贮藏期可达30d以上^[27]。

2.2 采收成熟度

采收成熟度是影响桃采后软化和耐藏性的重要因素之一,桃果的成熟度不同,其果实色泽、呼吸速率和营养物质含量不同,硬度、可溶性固形物和可滴定酸含量、乙烯释放量都有较大差异,在贮藏后期成熟度越低膜脂过氧化越严重^[28-29]。在(0±1)℃的条件下,湖景蜜露桃冷藏12d时,九成熟果实出现呼吸高峰,峰值为34.21mg/(kg·h),而七八成熟果实的呼吸峰值在冷藏16d出现,且峰值均显著低于九成熟桃果;在贮藏30d期间,七八成熟果实中的可滴定酸含量均高于九成熟,果肉色差 L^* 值下降缓慢^[30]。贮藏的桃一般在硬熟期(七八成熟)采收,过早采收,果实发育不完全,糖分及其他营养累积不足,影响风味;过晚采收易出现褐变,果品口感和贮藏后品质也会严重下降^[31]。

2.3 温度

桃果采后贮藏保鲜的影响因素较多,其中温度是影响采后桃果品质的重要因素之一。由于桃果是呼吸跃变型果实,采后有双呼吸高峰和乙烯释放高峰出现,在常温下不耐贮藏,货架期一般在5d左右,探究桃果实的低温贮藏也就成为了一个重要的研究方向^[32]。

低温能够降低果实呼吸作用,减少营养物质消耗,延缓呼吸高峰到来,降低氧化酶氧化作用,防止果蔬褐变,保持桃果的上佳口感与优良品质。中华寿桃在(1±0.5)℃下的贮藏期可达42d^[33];油桃在最佳贮藏温度0~1℃下可贮藏40~50d^[34];21世纪桃果在20、2、0℃3个不同温度贮藏,分别在10、60、80d出现呼吸高峰,20℃放置的桃果呼吸峰值为93.35mg/(kg·h),是其他2组的5~6倍,说明低温能明显抑制桃果呼吸强度,延缓呼吸高峰的到来,延长贮藏期^[35]。综上所述,桃的最佳贮藏温度为0℃。

桃属于冷敏感果实,温度过低会对桃果造成冷害,导致果实中不溶性果胶含量增加,酯化程度下降,色泽晦暗,果肉絮败,不能正常软化且质地粗而干燥,果心易褐变,有异味和苦味出现,影响桃果外观品质和食用品质^[36-37]。因此,选择合适的贮藏温度,控制温度变化,对桃果实的贮藏保鲜十分重要。

2.4 环境相对湿度

采收后的水果停止吸收植物根部水分,水果中水分的损失可引起结构、质地和果实表面的变化,因此减少水分损失对于保持水果新鲜度和质量起着关键作用。环境相对湿度是指同一温度和气压下,环境空气的干湿程度对果蔬保鲜贮藏有十分重要的意义。锦绣黄桃^[29]、秦光2号油桃^[38]和英勒尔蟠桃^[39]贮藏环境湿度分别要求为85%~95%、85%~90%、90%。故桃果实保鲜贮藏相对湿度一般选择85%~95%,相对湿度过高时,侵染桃果的致病力强的病原微生物繁殖速度加快,过低时会造成桃果实干耗,因此,良好的贮藏环境相对湿度可以减少果实水分的散失,保持桃果的鲜度和品质。

2.5 环境空气组分及浓度

贮藏环境空气组分及浓度对果蔬保鲜效果有很大的影

响。低温条件下,不同气体成分(主要为 O_2 和 CO_2)及浓度会影响桃果实贮藏保鲜的耐贮性及品质。低 O_2 高 CO_2 可以使桃果呼吸作用减弱,延缓乙烯促进成熟的作用,有机物分解降低,营养物质含量消耗减少,但 CO_2 浓度过高会造成 CO_2 伤害,桃果实呼吸生理失调,严重失水皱缩,汁液减少干化,表面凹凸不同,果肉絮败,食之味苦并伴有轻微发酵味,桃品质下降,甚至不能食用,因此调节控制贮藏环境空气组分及浓度极其重要^[40-41]。Anderson 等研究认为,用 1% ~ 5% O_2 和 1% ~ 5% CO_2 处理桃鲜果可抑制其变色和软化,维持较高的不饱和酸含量,降低呼吸强度和乙烯生成率,从而降低腐烂率^[42]。

3 桃的保鲜贮藏技术

3.1 物理保鲜贮藏技术

物理保鲜是在不破坏食品营养结构与原有风味的基础上,将物理原理和技术应用于食品果蔬,起到杀虫、灭菌、防腐保鲜作用的方法。

3.1.1 低温保鲜贮藏 低温贮藏指在 0℃ 或略高于果蔬冰点的适宜低温环境条件下对果蔬进行保鲜贮藏的方法,具有安全、效果好、可操作性强等优点^[43]。余意等通过研究不采收成熟度和贮藏温度对锦绣黄桃完熟品质的影响时发现,7℃ 贮藏条件下,七八成熟的锦绣黄桃各指标都优于其他较高温度,可贮藏 18 d^[29]。陈抗君等研究不同贮藏温度对湖景蜜露水蜜桃贮藏生理及货架期品质的影响中发现,湖景蜜露在 0℃ 贮藏 28 d 出库后,桃果实在常温 3 d 的货架期内,果肉可以正常软化,食用品质未发生明显劣变^[5]。

3.1.2 冷激处理保鲜贮藏 20 世纪 70 年代末,Ogata 等研究发现用 0℃ 的冰水或冷空气短时处理冷敏感果实,有助于延缓果实成熟,延长贮藏寿命,并首次将这种逆境的低温效应称为“冷激效应”,具有简单方便、节约成本、无污染优点,桃果属于冷敏性果实,冷激处理非常适用于它的贮藏保鲜^[44]。陈留勇等将锦绣黄桃用 0℃ 的冰水冷激处理 30 min 发现,锦绣黄桃保持了较高硬度,果实软化速度延缓,多聚半乳糖醛酸酶(polygalacturonase, PG)活性、MDA 含量和电解质渗出率降低^[45];熊兴森通过研究冷激处理对油桃冷藏保鲜及其生理生化变化的影响发现,冷激处理(冷空气和冰水)比对照处理效果好,使秦光 2 号油桃在冷藏环境中贮藏期延长至 60 d 且果实品质良好^[46]。

3.1.3 热处理保鲜贮藏 热处理采后果蔬,是指在贮藏前将果蔬置于适宜热温度下(一般在 35 ~ 60℃)持续处理一段时间,是一种廉价、高效、无污染的采后处理技术。热处理保鲜贮藏旨在抑制果蔬采后病虫害的发生,作用机制是使蛋白质变性,类脂释放,降低桃果实组织透气性,使有害代谢产物积累,抑制、杀死病原菌而达到桃果保鲜^[47]。Koukounaras 等研究了不同参数的热处理强度、持续时间对鲜切桃品质的影响,发现 50℃ 时 10 min 热处理对鲜切桃采后品质有明显的有益效果^[6];Budde 等也发现通过空气和浸入式热处理桃子,会降低总酸度和增加果肉和果皮中的色素,但浸泡热处理比空气处理温和,对桃品质影响不大^[48]。

3.1.4 真空保鲜贮藏 真空包装技术是现代包装保鲜贮藏的常用技术之一,指将完整密闭的包装内空气抽走,内部达到

预定真空度后封口,使袋内果蔬在真空环境下长期保存,是一种方便快捷、经济有效的保鲜贮藏方法^[49]。真空注入是将一种生理活性成分注入到新鲜果蔬中获得新鲜的功能性食品的有效方法,能够保持果蔬营养物质,改善果蔬品质^[50]。Denoya 等采用高压真空度处理鲜切桃,并用真空无氧包装贮藏,桃硬度变化小,鲜切桃的酶促褐变得到有效控制,贮藏期长达 21 d^[51];俞琴用 3 种不同注入剂对锦绣黄桃施以不同的真空处理发现,6.65 kPa 的真空度可以保持黄桃的原有风味,改善锦绣黄桃解冻后的品质^[52]。

3.1.5 减压贮藏 减压贮藏是一种特殊的气调贮藏方法,它是集低温贮藏、减压气调于一体的综合保鲜技术,是通过降低贮藏环境压力形成一定的真空度,并维持一定低温及相对湿度的新型保鲜技术^[53]。减压贮藏具有快速减压降温、快速降氧、快速脱除有害气体成分的特点^[54]。Wang 等将水蜜桃置于 4 个不同压强条件下贮藏 30 d,发现 10 ~ 20 kPa 减压条件增加了水蜜桃能量状态,增强抗氧化能力,减少膜损伤,使水蜜桃货架期延长^[7];崔彦采用不同减压贮藏对大久保桃采后活性氧代谢及品质进行研究,发现减压处理的桃果的超氧阴离子的产生速率比常压对照组低,抑制了活性氧的积累,2 次呼吸高峰和峰值都有延长和降低^[55]。

3.1.6 气调贮藏(MA) 气调贮藏是当今国际上对果蔬保鲜贮藏的常用技术之一,也被认为是一种安全有效、环保无污染的保鲜贮藏技术,包括自发气调包装和人工气调。自发气调包装是根据果蔬自身呼吸作用,自发调节已装果蔬的具有一定透气性塑料袋或包装盒中的气体成分,达到对包装果蔬的贮藏保鲜技术。人工气调指在相对密闭的冷藏贮藏环境基础上,人工降低 O_2 浓度、增大 CO_2 浓度,达到适宜组分配比,并精确控制库内 O_2 和 CO_2 浓度以及温度与相对湿度的贮藏方式^[56]。自发气调包装和人工气调的不同之处在于对包装内部环境气体是否具有自动调节作用^[57]。刘颖等在锦绣黄桃主动气调包装研究中发现,2% ~ 3% O_2 、2.5% ~ 5% CO_2 的气调贮藏比常温大气贮藏黄桃效果好,能有效保持桃果实的硬度,推迟乙烯释放高峰和呼吸高峰的出现及两峰高度,延长了保鲜期^[8];邵晓亮证明了蟠桃经过气调贮藏后,贮藏时间比普通冷库贮藏、加乙烯吸收剂和不加乙烯吸收剂的 MA 贮藏时间多 7 ~ 14 d,贮藏效果好于其他 3 种贮藏方式^[58]。

3.1.7 电子保鲜技术 电子保鲜技术包括辐照保鲜技术、高压静电场保鲜和电离保鲜技术等。辐照保鲜是利用辐射抑制或破坏果蔬上微生物的新陈代谢、生长发育,从而杀灭微生物等各种效应来达到保鲜效果,常见的辐照源有 X 射线、 $^{60}Co-\gamma$ 射线、电子束等。高压静电场保鲜是一种节能高效的果蔬保鲜方法,利用电离空气对果蔬起到保鲜作用。电离保鲜是指利用电离射线处理果蔬,起到杀虫、灭菌、延迟后熟与衰老等作用,从而使果蔬贮藏保鲜期延长^[59]。 γ 射线照射是有效减少微生物污染,作为延缓有跃变期果类衰老的一种手段。Hussain 等将桃在 1 ~ 2 kGy 的 γ 辐照剂量范围内处理发现,经 γ 辐照处理的桃在室温条件下贮存期为 6 d,冷冻条件贮藏期为 20 d^[9];梁敏华采用低剂量短波紫外线 UV-C 处理玉露蜜桃,可维持桃果实在整个贮藏期间较高的酚类物质含量和 DPPH 自由基清除能力,维持桃果较高的营养价值^[60]。

3.2 化学保鲜贮藏技术

化学保鲜贮藏技术,一般是指采用化学保鲜剂对果蔬进行采后保鲜的重要处理手段。化学保鲜剂因使用方便、价格低廉,具有延缓果蔬衰老、防腐杀菌、降低呼吸强度和减缓水分蒸发等效果,在我国果蔬贮藏保鲜中被广泛推广使用^[61]。

3.2.1 浸泡型保鲜剂 浸泡型保鲜剂主要是稀释成水溶液,通过浸泡、喷洒等方式达到果蔬防腐保鲜的目的。常见的浸泡型保鲜剂有氯化钙(CaCl_2)、邻苯酚钠(SOPP)、多菌灵和噻苯咪唑等。 Ca^{2+} 是果蔬组织中的重要成分,具有维持细胞壁功能和结构,降低细胞壁降解酶活性,保持细胞膜完整性和果实硬度的功能。陈留勇等将黄桃用 2% CaCl_2 浸泡处理后,分别在室温和冷库包装贮藏 30 d,发现低温下浸钙处理可以明显地保持黄桃的品质^[62];冉国栋将桃果用 200 mg/L 多菌灵进行浸果防腐处理,春雪桃、八月红品种在常温下分别可贮藏 27、25 d 且品质良好^[63]。

3.2.2 熏蒸保鲜剂 熏蒸保鲜剂是指室温下能够挥发,以气体形式抑制、杀死果蔬表面的病原微生物,对果蔬毒害作用较少的一类防腐剂,如仲丁胺、二氧化硫、1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)等。桃果实成熟过程中会不断释放乙烯,1-MCP 是乙烯受体的竞争性抑制剂,能够通过调节乙烯生物合成途径中 ACC 合成酶基因和 ACC 氧化酶基因,阻断乙烯的生成和生理作用,从而达到延缓果蔬成熟与衰老的效果^[64]。刘淑英等对秋蜜红桃果实进行 5 个不同 1-MCP 浓度的低温封闭熏蒸处理,研究发现,1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理能够显著降低桃果实的乙烯释放速率和呼吸速率,保持桃果良好的营养价值^[10]。

3.2.3 吸附型保鲜剂 吸附型保鲜剂主要通过清除果蔬贮藏环境中的乙烯,降低 O_2 含量或脱除过多的 CO_2 而抑制果蔬的后熟,以达到保鲜的目的,主要有乙烯吸收剂、吸氧剂和二氧化碳吸附剂。

3.3 生物保鲜贮藏技术

生物贮藏保鲜技术是近年来发展起来的具有处理目标明确且贮藏环境小、贮藏条件易控制、处理费用低等特点,能够带来很大的社会效益和发展前景的贮藏保鲜技术^[65]。

3.3.1 天然产物提取物 近年来,安全、绿色的保鲜措施在现代食品包装贮藏中越来越得到重视,提取动植物、微生物体内的组成成分或其二次代谢产物及生物体内源生理活性化合物,作为天然产物保鲜剂应用于果蔬保鲜也逐步得到发展。很多的中草药中含有抗菌、抑菌、防腐、杀虫的有效成分,朱江等常温贮藏黄桃 8 d 后发现,中草药复合保鲜剂涂抹的黄桃呼吸作用明显减弱,黄桃没有致病菌侵染,腐烂率为 0^[11];张绍珊采用茶多酚处理的蟠桃与对照相比,维生素 C 的消耗和 MDA 的产生显著得到抑制,贮藏 21 d 后蟠桃基本无氧化损伤,商品价值较高^[12]。

3.3.2 生物酶制剂 生物酶是生物体内一类安全、无毒,具有高效性、专一性特殊催化功能的蛋白质。生物酶制剂通过对果蔬中的酶进行抑制,延缓氧化作用,或是杀死表面微生物,使某些酶失去生物活性,从而达到防腐保鲜的效果^[66]。溶菌酶具有杀菌效果,能够选择性地使细胞壁溶解,抑制致病微生物的生长;植酸是天然化工提取物,能够降低呼吸强度和氧化作用。李卉等用溶菌酶复合植酸的酶制剂喷洒水蜜桃,

常温贮藏 14 d 后发现,桃果实呼吸高峰推迟了 3~4 d,保持了桃果硬度和可溶性固形物含量,抑制了 PPO 活性,降低了果实褐变率,有效延长桃果实贮藏时间^[13]。

4 桃果实保鲜技术研究展望

随着我国经济的快速发展,人们消费观念的改变和安全意识的提高,消费者在购买时变得挑剔,除了有品种、数量、价格上的要求,更有质量、安全、新鲜程度、营养成分的要求^[67]。

迄今为止,物理贮藏保鲜技术已得到了很好的发展与应用,但仍存在或多或少的问题。低温保鲜技术应当在合适的温度范围内,防止桃果实出现冷害和冻害;气调包装保鲜技术除了要按实际需求将一定比例的混合气体充入包装内,还应与具有气体阻隔性能的包装材料相结合;热处理保鲜技术要注意热处理温度及处理时间;减压贮藏库的建立比普通冷库和气调贮藏库花销高,库内换气频繁,桃易失水萎焉,因此,减压贮藏中要特别注意控制好湿度等。化学保鲜剂处理桃果实达到保鲜的方法使用方便、简单可行、针对性和选择性较强,但是药剂的使用存在一定的安全隐患,长期食用,药剂的残留积累会导致人体免疫系统功能下降,甚至危及生命,对化学保鲜药剂的用量要有严格的要求。生物保鲜技术研究领域已有了一定的发展,尤其在天然生物提取物保鲜方面进展迅速,但我国批准使用的天然微生物防腐保鲜剂品种单一,成分较复杂,其有效保鲜组分还不清楚,安全性存在争议,采用生物保鲜技术防止果蔬腐烂变质还须要更进一步的探讨研究^[68]。

为了提高桃果实的保鲜效果,保持该有的营养品质,减少病原性微生物侵害,桃果褐变、腐败以及丢弃的果实对环境造成了污染,为了减少经济损失,增加农民收入,应采取以下几种措施和方法提高和完善桃的保鲜贮藏:(1)须要加强耐贮藏品种的选育;(2)开展桃果预冷技术与预冷方法,以及桃果贮藏温度与冷害的研究,为桃果的贮藏保鲜奠定基础;(3)探讨研究桃对温度的适应性及对低温的忍耐性能,通过变温(阶梯升温、阶梯降温、变温等)试验发现桃保鲜贮藏的最适温度及环境条件;(4)采后病害与防治技术的研究与应用,可减少桃果病原菌侵染的发生;(5)采后桃果包装与物流方式的选择与优化,减少伤害,提高商品性等。

目前,桃的保鲜贮藏技术虽已取得了一些进展,但依旧面临诸多问题,如上市时间短暂,各地区桃果种类较为单一。为了丰富各城市消费市场桃果种类,提高经济收入,解决桃软化、褐变和腐烂等问题,科研工作者须继续努力专研,将物理、化学、生物等各种保鲜技术完善和完美的结合应用于桃果保鲜贮藏,发展新型的经济、节约、高效、无污染的保鲜贮藏技术。

参考文献:

- [1] 付艳秋. 无锡市阳山水蜜桃产业发展的研究[D]. 扬州:扬州大学, 2011.
- [2] 文 杨,姜卫兵,魏家星,等. 桃资源多样性、价值综合性与绿化应用的途径[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(3): 18-23.
- [3] 周 然,谢 晶. 水蜜桃低温保鲜技术研究进展[J]. 山西农业科学, 2011, 39(6): 622-623.
- [4] 刘 慧. 桃果实酚类物质及其抗氧化功能研究[D]. 北京:中国

- 农业大学,2015.
- [5] 陈杭君,毛金林,宋丽丽,等. 温度对南方水蜜桃贮藏生理及货架期品质的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(7):1567-1572.
- [6] Koukounaras A, Diamantidis G, Sfakiotakis E. The effect of heat treatment on quality retention of fresh - cut peach[J]. Postharvest Biology & Technology,2008,48(1):30-36.
- [7] Wang J, You Y, Chen W, et al. Optimal hypobaric treatment delays ripening of honey peach fruit via increasing endogenous energy status and enhancing antioxidant defence systems during storage [J]. Postharvest Biology & Technology,2015,101(8):1-9.
- [8] 刘颖,邬志敏,李云飞,等. 锦绣黄桃主动气调包装研究[J]. 食品工业,2007,28(3):41-44.
- [9] Hussain P R, Meena R S, Dar M A, et al. Studies on enhancing the keeping quality of peach (*Prunus persica* Bausch) cv. *elberta* by gamma - irradiation [J]. Radiation Physics & Chemistry,2008,77(4):473-481.
- [10] 刘淑英,李桂霞,张冬梅,等. 低温贮藏下不同 1-MCP 浓度对桃生理特性的影响[J]. 食品科技,2016,41(2):38-41.
- [11] 朱江,张迪,易守连,等. 中草药源保鲜剂对黄桃保鲜效果的研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(29):9363-9364.
- [12] 张绍珊. 茶叶提取物对采后桃果防腐保鲜效果研究[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [13] 李卉,赵心语,梁珂珂,等. 生物酶制剂对水蜜桃贮藏品质的影响[J]. 天津农业科学,2015,21(4):28-32.
- [14] 李阳. 几种生物保鲜处理对凤凰白花水蜜桃保鲜效果的研究[D]. 南京:南京大学,2014.
- [15] 颜志梅,盛宝龙,赵江涛,等. 影响桃贮藏保鲜的因素及其综合保鲜技术[J]. 江苏农业科学,2002(6):76-78.
- [16] 崔志宽. 不同物理化学处理对凤凰水蜜桃保鲜效果研究[D]. 南京:南京大学,2014.
- [17] 朱宏爱,王智课,黄泽智. 锦绣黄桃的贮藏试验[J]. 中国果菜,2005(4):41.
- [18] 侯玉婷,刘青,施威,等. 水蜜桃采后生理及保鲜技术研究进展[J]. 北方园艺,2015,39(17):183-187.
- [19] 吴敏,陈昆松,贾惠娟,等. 桃果实采后软化过程中内源 IAA、ABA 和乙烯的变化[J]. 果树学报,2003,20(3):157-160.
- [20] 和岳,徐秋云,王明力,等. 桃果实采后生理研究进展[J]. 农技服务,2015,32(4):11-13.
- [21] 周慧娟,叶正文,王戈,等. 采前套袋对黄肉桃货架期果皮超微结构的影响[J]. 果树学报,2016,33(8):1000-1006.
- [22] 阚娟. 不同溶质型桃果实成熟软化机理研究[D]. 扬州:扬州大学,2011.
- [23] 倪维龙. 木醋液抑菌作用及对寒公主桃保鲜效果的研究[D]. 延吉:延边大学,2016.
- [24] 朱麟,凌建刚,张平,等. 不同保鲜膜包装对“玉露”水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2011,11(4):12-15.
- [25] 王红艳. 丁香叶油对桃果实保鲜作用研究[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2007.
- [26] 张培正,李坤,李大鹏,等. 采收成熟度、温度、气体成分对青州蜜桃保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技,2002,23(5):61-63.
- [27] 常军. 桃减压、1-MCP 和高 CO₂ 贮藏效应的研究[D]. 天津:天津科技大学,2004.
- [28] Pérez - López A, Chávez - Franco S H, Villaseñor - Perea C A, et al. Respiration rate and mechanical properties of peach fruit during storage at three maturity stages[J]. Journal of Food Engineering,2014,142(6):111-117.
- [29] 余意,张鑫,张丽平,等. 采收成熟度和贮藏温度对锦绣黄桃完熟品质的影响[J]. 食品工业科技,2015,36(4):334-338.
- [30] 周慧娟,叶正文,乔勇进. 不同成熟度水蜜桃果实软化的影响因素[J]. 经济林研究,2012,30(1):67-72.
- [31] 官明波,位绍文. 影响桃保鲜因素及其最佳组合的研究[J]. 中国农学通报,1998,14(5):53-54.
- [32] 吴剑,褚伟雄,王晖. 热处理-冷藏对锦绣黄桃生理生化的影响及感官评价[J]. 食品科技,2015,40(10):314-319.
- [33] 刘更森,樊连梅,刘成连,等. 不同采收期对中华寿桃贮藏生理和品质的影响[J]. 北方园艺,2013,37(12):139-143.
- [34] 高慧,饶景萍. 油桃的采后生理及贮藏保鲜技术[J]. 陕西农业科学,2003(4):55-58.
- [35] 王雪静. “21 世纪”桃采后生理及贮藏技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2005.
- [36] 王亦佳. 白花凤凰水蜜桃采后生理、腐烂机理及其综合保鲜技术的研究[D]. 南京:南京大学,2012.
- [37] 陆振中. 中华寿桃冷害控制技术的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2009.
- [38] 戴斯琴. ClO₂ 及其与 1-MCP 结合处理对油桃保鲜效果和其生理变化的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [39] 季枫,陈国刚,童军茂,等. 新疆天山北坡中部蟠桃保鲜技术研究[J]. 北方园艺,2009,33(1):210-211.
- [40] 李家政,张平. 影响果蔬自发气调贮藏效果的若干因素分析[J]. 保鲜与加工,2007,7(5):32-35.
- [41] 张培培. 富士苹果高 CO₂ 伤害敏感性与贮藏安全性研究[D]. 天津:天津科技大学,2010.
- [42] 陈巧林. 桃贮藏保鲜的影响因素及其研究进展[J]. 江西农业学报,2008,20(1):73-75.
- [43] 施杨,危春红,陈志杰,等. 枸杞鲜果采后生理及保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2016,16(3):102-106.
- [44] 郑亚琴. 冷激处理时间对沂州木瓜贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2009,30(24):436-438.
- [45] 陈留勇,孟宪军,宋义忠,等. 冷激处理对黄桃保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技,2003,24(11):67-69.
- [46] 熊兴森. 冷激处理对油桃冷藏保鲜及其生理生化变化的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [47] 李翔宇. 热处理对桃采后保鲜效果及机理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.
- [48] Budde C O, Polenta G, Lucangeli C D, et al. Air and immersion heat treatments affect ethylene production and organoleptic quality of ‘Dixiland’ peaches[J]. Postharvest Biology & Technology,2006,41(1):32-37.
- [49] 李亚慧,吕恩利,陆华忠,等. 鲜切果蔬包装技术研究进展[J]. 食品工业科技,2014,35(16):344-348.
- [50] 俞琴,苏树强,陈彦卓,等. 真空注入对鲜切黄桃冷冻品质的影响[J]. 科技通报,2008,24(1):47-51.
- [51] Denoya G I, Vaudagna S R, Polenta G. Effect of high pressure processing and vacuum packaging on the preservation of fresh - cut peaches[J]. LWT - Food Science and Technology,2015,62(1):801-806.
- [52] 俞琴. 真空注入对黄桃品质的影响[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [53] 杨曙光,陈美龄,钱骅,等. 减压贮藏保鲜技术的研究与应用进展[J]. 食品工业,2015,36(1):223-226.

赖金莉, 李欣欣, 薛磊, 等. 植物抗旱性研究进展[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(17): 23–27.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.17.005

植物抗旱性研究进展

赖金莉¹, 李欣欣², 薛磊¹, 陈凌艳¹, 荣俊冬², 何天友¹, 郑郁善^{1,2}

(1. 福建农林大学园林学院, 福建福州 350002; 2. 福建农林大学林学院, 福建福州 350002)

摘要:干旱作为制约农林业发展的主要因素, 不仅影响植物的生长代谢过程, 还影响经济作物的产量及再生产, 严重的干旱胁迫会导致植物死亡, 因此, 对植物的抗旱性研究具有非常重要的意义。根据国内外对植物干旱胁迫的研究现状, 从植物形态结构、生理生化及抗旱基因方面对植物的抗旱机制进行综述, 并对今后植物抗旱性的发展方向进行展望, 旨在深入理解植物的耐旱机制, 为进一步研究植物的耐旱机制及培育耐旱植物新品种提供理论基础。

关键词:植物; 干旱胁迫; 耐旱性; 生理生化; 耐旱基因

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)17-0023-05

干旱是指植物耗水量大于吸水量时体内出现水分亏缺的现象, 抗旱性则是指植物在长期的进化过程中对水分亏缺的适应和耐受能力^[1]。在当今气候变化的大环境中, 干旱被认为是影响植物生长的主要胁迫。植物的生长、发育和再生产都需要充足的水分; 大约 1/3 的陆地面积是干旱和半干旱的, 而在其他大部分地区也经常发生不定期的气候干旱^[2]。干旱作为一种多维胁迫, 能够引起植物从表型、生理、生化再到分子水平的一系列变化。严重的干旱可导致光合作用的终止和新陈代谢的紊乱, 最终导致植物的死亡^[3]。因此对于植物的抗旱性研究显得尤为重要, 探索植物的抗旱性对研究植物的耐旱机制及培育耐旱植物新品种具有重要意义。本文将从植物的抗旱形态结构、抗旱生理生化特性及抗旱基因表达 3 个方面进行综述。

1 植物形态结构与抗旱性

植物在遭受干旱胁迫后, 首先外部形态会发生一系列的变化。根系是植物吸收水分的主要器官, 与植物的抗旱性有密切关系, 可以通过调节自身生长发育、对水分的吸收和运输从而使植物对干旱胁迫产生适应性。植物根系的水分特征可以反映植物在结构上对环境的响应, 因此可以用来衡量植物的耐旱性和抗旱性。叶片是植物在进化过程中对干旱较敏感的器官, 因其可塑性较大, 叶片形态结构的变化必然会导致植物生理生化特性的改变, 因此叶片形态性状的变化能体现植物对干旱胁迫的适应能力^[4]。在干旱胁迫下, 植物叶片的形态和生理方面主要表现为减少水分的损失和提高水分利用效率^[2]。植物具有较厚的叶片和角质层以及较大的叶肉细胞表面积等特征, 可以增强储水能力, 降低蒸腾速率, 从而提高光合效率, 最终表现出较强的抗旱性^[5]。气孔是植物叶片在长期进化过程中形成的, 是植物与外界环境进行气体和水分交换的重要器官, 它可以确保植物在光合作用中最大限度地吸收 CO₂, 同时控制最佳的蒸腾作用, 在植物生命活动中起着关键作用。因此气孔调节也是植物抵御干旱逆境的机制之一^[6]。

收稿日期: 2018-01-10

基金项目: 福建省区域发展项目(编号: 2015N3015); 福建农林大学科技创新发展基金(编号: CKZX2017089)。

作者简介: 赖金莉(1992—), 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 主要从事植物(竹子)抗逆性研究。E-mail: kimly2017@163.com。

通信作者: 郑郁善, 教授, 主要从事森林培育和园林植物研究。E-mail: zys1960@163.com。

[54] 王博, 李光乐, 林茂, 等. 减压贮藏保鲜技术优点及问题探讨[J]. 广东农业科学, 2012, 39(2): 79–82.

[55] 崔彦. 减压条件对大久保桃采后活性氧代谢及品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2009, 9(1): 17–20.

[56] 郭晓光. 水果气调保鲜贮藏及气调库[C]//福建省科协学术年会分会场“食品冷冻与冷藏的安全与节能”技术研讨会, 2007.

[57] 张化南. MAP 气调保鲜技术在现代船舶上的应用分析[J]. 船舶, 2013, 24(6): 61–64.

[58] 邵晓亮. 不同贮藏条件对蟠桃采后生理及贮藏效果影响的研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2010.

[59] 刘敏, 谢晶, 韩志. 非热技术在果蔬保鲜体系中的应用[J]. 包装与食品机械, 2007, 25(1): 47–50.

[60] 梁敏华, 雷建敏, 邵佳蓉, 等. UV-C 处理对桃果实酚类物质代谢和贮藏品质的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(6): 1088–1093.

[61] 邹东云, 马丽艳, 杨丽丽, 等. 化学保鲜剂在果蔬保鲜中的应用

[J]. 农产品加工·学刊, 2006(3): 38–40.

[62] 陈留勇, 孔秋莲, 孟宪军, 等. 浸钙处理对黄桃后熟软化的影响[J]. 食品科技, 2003(7): 22–24.

[63] 冉国栋. 桃果实成熟后几个生理指标变化的研究[J]. 青海农技推广, 2015(3): 28–30.

[64] 郑重禄, 詹兴堆. 1-甲基环丙烯(1-MCP)对桃果实采后生理效应的影响[J]. 中国南方果树, 2016, 45(2): 169–174.

[65] 廖妍俨. 生物保鲜技术在果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 贵州化工, 2012, 37(4): 27–29.

[66] 张泓泰. 生物酶技术在食品保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2007, 7(5): 12–13.

[67] 刘才宇, 朱培蕾, 赵贵云, 等. 叶菜类蔬菜贮藏保鲜技术研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(5): 797–801.

[68] 高海生, 梁建兰, 柴菊华. 果蔬贮藏保鲜产业现状、研究进展与科技支持[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(9): 118–123.