

崔志宽,李 阳,李建龙,等. 不同组合保鲜剂对水蜜桃的保鲜效果[J]. 江苏农业科学,2013,41(12):270-273.

不同组合保鲜剂对水蜜桃的保鲜效果

崔志宽¹, 李 阳¹, 李建龙¹, 李 卉¹, 刚成诚¹, 陈奕兆¹, 何正岳², 潘 斌², 罗 斌²

(1. 南京大学生命科学院, 江苏南京 201193; 2. 张家港市凤凰镇农业服务中心, 江苏张家港 215613)

摘要:为了寻找一种经济、可行、安全、有效的水蜜桃保鲜措施,以江苏省张家港市凤凰镇白花水蜜桃为试验材料,分别用 0.3 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 24 h 加喷洒 0.5 g/L 赤霉素、0.3 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 24 h 加喷洒 0.3 g/L 水杨酸、0.5 g/L 赤霉素与 0.3 g/L 水杨酸的混合溶液处理水蜜桃。贮藏期间每天测定呼吸速率、相对电导率、可溶性固形物含量、失重率、硬度、丙二醛含量和多酚氧化酶活性等指标。结果表明,3 个组合保鲜剂处理均可以显著降低桃果实的失重率,并能够显著降低丙二醛含量,可以有效地维持果实的硬度并能较好地控制果实的呼吸强度和丙二醛含量。综合各方面指标来看,赤霉素+水杨酸组合保鲜剂处理效果最佳,适宜于在水蜜桃的贮存保鲜中推广应用。

关键词:水蜜桃;1-甲基环丙烯(1-MCP);赤霉素;水杨酸;保鲜

中图分类号: S662.109⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)12-0270-04

水蜜桃是我国栽种面积较大的果品,皮薄肉厚,刚熟的桃果实脆而甜,熟透的桃果实软而多汁,是一种老少皆宜的果品。水蜜桃皮薄多汁,成熟并采收于盛夏高温季节,采后呼吸旺盛。内部的旺盛呼吸和外部的霉菌感染及机械损伤导致水蜜桃很容易腐烂变质,失去商品价值,因此研究水蜜桃保鲜问题具有积极的意义。目前国内外多个研究机构高校院所都在研究水蜜桃保鲜问题,大多集中在低温贮藏^[1]、变温保藏^[2]、减压贮藏^[3-4]等方面,诸多的保鲜方法能在一定程度上延长水蜜桃的保鲜期,但一般都存在保鲜成本高经济适应性差,不适合散户种植者使用等缺点。李丽萍等的研究结果表明,0.1~0.3 g/L 的水杨酸处理 10~20 min 可以减轻久保桃储藏期的腐烂^[5];杨书珍等的研究结果表明,用 200 mg/kg 赤霉素处理油桃,可以有效地延缓采后褪绿、保持果实硬度及较高的维生素 C 含量^[6]。付润山的研究结果表明赤霉素处理柿子可以有效地遏制柿果实的软化进程并可增加 10 d 左右的货架期^[7]。薛长森等的研究结果表明,1-MCP 处理后能明显抑制 4 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下水蜜桃的呼吸强度,延缓水蜜桃硬度的下降、抑制丙二醛的积累,控制贮藏期间的失重率,减缓淀粉的分解和转化,维持较高的维生素 C 含量^[8]。刚成诚等的研究结果表明,常温贮藏条件下 1-MCP 处理后的水蜜桃能够有效地保持果实的硬度、细胞膜透性和可溶性固形物的含量,有效抑制果实失重率和呼吸强度^[9]。

我们在以往的研究中,利用多种物理、化学和生物的方法^[10-13]用于水蜜桃保鲜研究,并取得了很好的进展。2010

年和 2011 年的试验中发现单独使用 1-MCP、赤霉素和水杨酸处理水蜜桃果实后,在一些指标上表现比较突出,但从总体指标来看并不均衡,为了进一步探究 1-MCP、赤霉素和水杨酸的保鲜机制及效果,本试验在前两年研究成果的基础上,于 2012 年重新设计试验,采用这 3 种试剂的最佳处理浓度两两复配成组合保鲜剂处理水蜜桃果实,探讨这 3 种组合保鲜剂对水蜜桃的保鲜效果,以期寻找一种经济、可行、安全、有效的保鲜剂。

1 材料与方法

1.1 试验材料

材料:试验用桃采于江苏省张家港市凤凰镇,品种为白花,采摘成熟度为 8 成,选择大小相似、色泽相近、无机械损伤和病虫害的果实编号预冷备用。

1.2 试验试剂

试剂:1-MCP,兰州嘉诚生物技术有限公司提供;赤霉素,惠兴生化试剂有限公司提供;水杨酸,江苏永华精细化学有限公司提供;其他试剂皆购于晚晴化玻仪器有限公司。

1.3 试验设计与处理方法

本试验采用 1-MCP、赤霉素和水杨酸 3 种试剂两两组合处理水蜜桃,以水蜜桃不进行任何保鲜剂处理为对照。测定时间为 7 d,每天测定 1 次各项指标。采取随机分组设计,每个处理组 21 个果实,4 次重复。

果实采摘后立即运回实验室,清洁果实表面,散去田间热,分组备用。一组用 0.3 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 24 h,然后用 0.5 g/L 赤霉素喷洒后自然晾干;一组用 0.3 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 处理 24 h,然后用 0.3 g/L 水杨酸喷洒后自然晾干;最后一组用 0.5 g/L 赤霉素和 0.3 g/L 水杨酸混合溶液喷洒后静置 24 h 自然晾干,于室温(25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 好果率 肉眼观察,果实表面完好无褐斑、烂点和机械损伤者为好果。

1.4.2 硬度 利用 GY-3 型硬度计测定果实硬度,在每个果

收稿日期:2013-04-17

项目基金:国家自然科学基金面上项目(编号:41271361、J1103512、J1210026);国家重点基础研究发展计划(编号:2010CB950702);张家港市凤凰水蜜桃营养生理、腐烂机理及保鲜综合技术研究(编号:ZKN1002);亚太 APN 项目(编号:ARCP2012-sp25-Li)。

作者简介:崔志宽(1988—),男,河南濮阳人,硕士研究生,从事食品保鲜与食品加工研究。E-mail:czkczk410923@126.com。

通信作者:李建龙,博士,教授。E-mail: jlli2008@nju.edu.cn。

实中间最大横径处去皮,取 3 个点测定硬度,取其平均值^[14]。

1.4.3 可溶性固形物 采用手持阿贝折光仪测定^[14]。

1.4.4 失重率 采用称重法测定,处理前将每个果实称质量,记为 m_1 ,每次测定时再次称果实质量,记为 m_2 。失重率为 $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$ 。

1.4.5 呼吸强度 水蜜桃呼吸强度的测定采用静置法^[15]。

1.4.6 相对电导率 果实细胞膜透性采用 DDS-11A 型电导率仪测定,取果肉 3 g 置纯水中,静止 1 h 后测定初始电导率 λ_1 ,煮沸后冷却至室温测定煮沸后电导率 λ_2 ,每组处理测定 3 次,取平均值。相对电导率 = $(\lambda_1 - \text{纯水电导率}) / (\lambda_2 - \text{纯水电导率}) \times 100\%$ ^[14]。

1.4.7 丙二醛含量测定 用三氯乙酸 (TCA) 提取后加硫代巴比妥酸 (TBA) 煮沸测定^[16]。

1.4.8 多酚氧化酶活性测定 多酚氧化酶含量的测定采用邻苯二酚法测定,以 0.01 mol/L 的邻苯二酚作为反应底物,测定其反应体系在单位时间内产物的 $D_{410\text{nm}}$ 的增加值。加入 1 mL 酶提取液,反应体系总体积为 3 mL。酶活性以每 1 min 光密度变化 0.001 为 1 个单位 (U)^[17]。

1.5 数据处理与分析

本试验数据用 Excel 软件进行统计处理和图表制作,采用 SPSS 软件进行 ANOVA 单因素多重差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同组合保鲜剂对水蜜桃好果率的影响

水蜜桃果实是否完好,是影响其销售的关键环节,好的果实能够更好地实现其商品价值,因此好果率是反映水蜜桃贮藏好坏的一个最为直观和明确的指标。由图 1 可知,整个贮藏期,处理组的好果率始终高于对照组,对照组在贮藏的第 2 d 就开始出现烂果,处理组推迟 1 d 左右出现烂果,并且降低烂果出现的速率。整个贮藏期结束时对照组好果率下降到 50%,3 个处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 好果率分别为 78%、81% 和 84%,3 个处理组与对照组之间差异显著 ($P < 0.05$),处理组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。表明,3 种组合保鲜剂均可以有效地提高好果率,提高果实的品相,延长烂果出现的时间。

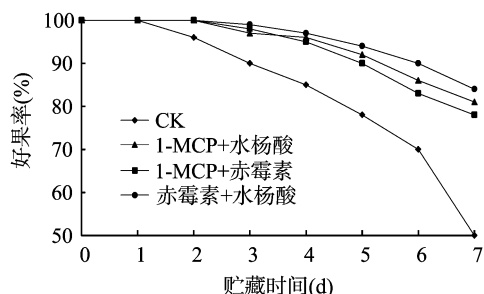


图1 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃好果率的变化

2.2 不同组合保鲜剂对水蜜桃硬度的影响

水蜜桃属于软溶质果实,因此果肉硬度是反映果实品质和贮藏效果的一个重要指标。果实在储藏一段时间后由于细胞壁会被酶水解,导致细胞受损,果实硬度降低。果实硬度的降低会增加果实的口感,但伴随着硬度降低而来的是呼吸高

峰的出现及果实迅速腐烂的开始,果实对外界的防御力会不断下降。由图 2 可知果肉硬度在贮藏期的前 2 d 急剧下降,但整个贮藏过程中处理组的硬度均高于对照组,特别是前 3 d 1-MCP + 赤霉素和 1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂处理效果较好,3 d 后各处理组与对照组没有明显差别,说明组合保鲜剂在对水蜜桃硬度的维持上有一定的作用,但是效果比较局限。

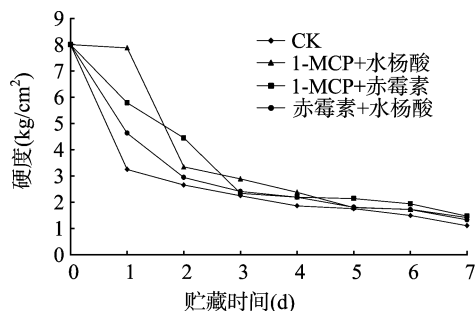


图2 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃的硬度变化

2.3 不同组合保鲜剂对水蜜桃失重率的影响

果实脱水会导致表皮皱缩,品质下降,正常的代谢难以进行,从而导致果实衰老腐烂,失去商品价值。因此控制失水率是果品保鲜的一个重要环节,用保鲜袋包装是一个有效控制失水率的方法,另外就是目前正在研究的多种保鲜处理措施。从图 3 来看整个贮藏过程中处理组的失重率均低于对照组,贮藏期结束时,对照组和 3 个处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 的失重率分别为 16.16%、14.76%、13.49% 和 12.70%,处理组与对照组间差异不显著 ($P > 0.05$)。但贮藏 3 d 时,处理组与对照组间差异显著 ($P < 0.05$),处理组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

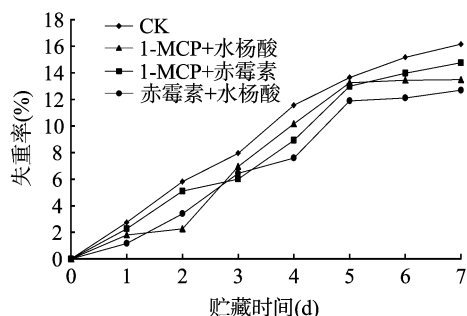


图3 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃失重率变化

2.4 不同组合保鲜剂对水蜜桃呼吸强度的影响

果蔬贮藏保鲜及其商品价值都与其呼吸作用息息相关。桃是典型的呼吸跃变型果实,采摘后直至腐烂会有两次呼吸高峰的出现,因此呼吸强度的变化是保鲜处理好坏的重要指标之一。图 4 显示处理组的呼吸强度在整个试验过程中均低于对照组。第一次呼吸高峰时,对照组和处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 的呼吸强度分别为 98.64、74.12、64.99、68.02 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,对照组比 3 个处理组分别高出 24.52、33.65、30.62 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。贮藏期末,对照组和处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合

保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 的呼吸强度分别为 127.89、87.94、65.83、89.00 mg/(kg·h), 对照组比 3 个处理组分别高出 39.95、95.62、38.89 mg/(kg·h), 处理组和对照组间差异显著 ($P < 0.05$), 处理组间 1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂和 1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂间差异显著 ($P < 0.05$)。说明, 3 种组合保鲜剂对水蜜桃贮藏过程中的呼吸都有较好地抑制作用, 其中又以 1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂效果最好。

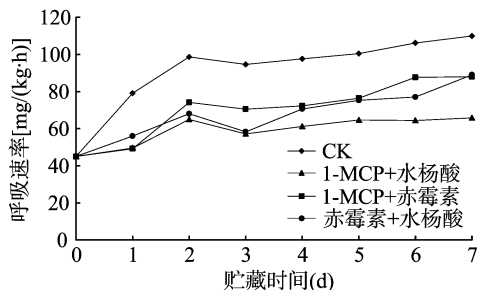


图4 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃呼吸速率变化

2.5 不同组合保鲜剂对水蜜桃可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物是指桃汁中能够溶于水的糖、酸、维生素、矿物质等物质, 糖分是其中最为主要的部分。可溶性固形物的含量多少直接影响桃果实的风味和营养价值, 因此, 可溶性固形物的含量是桃果实商品价值的另一项重要指标。由图 5 可知可溶性固形物含量的变化不是单纯的上升或者下降, 而呈现出先上升后下降的趋势, 贮藏初期大分子物质分解可溶性固形物含量增加, 随着贮藏期的延长营养物质不断消耗可溶性固形物含量缓慢下降。贮藏结束时, 对照组和处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 的可溶性固形物含量分别为 9.21%、9.67%、10.93%、10.58%, 对照组与处理组间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明组合保鲜剂对水蜜桃可溶性固形物含量的保持效果不明显。

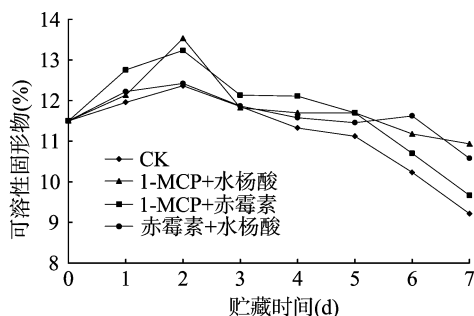


图5 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃可溶性固形物含量变化

2.6 不同组合保鲜剂对水蜜桃电导率的影响

水蜜桃果实在贮藏过程中, 果实的软化、霉菌感染、氧化作用、腐烂等均能导致细胞膜受损, 选择透过功能减弱, 细胞内电解质溢出, 从而导致果肉浸出液电导率增大, 因此测定电导率能够在一定程度上了解果实细胞的受损程度, 并判断保鲜效果的好坏。图 6 显示, 在整个贮藏过程中, 随着时间的延长相对电导率不断缓慢上升, 说明细胞膜的损坏随着储藏时间的延长不断加剧。在整个贮藏过程中处理组的相对电导率始终低于对照组, 至贮藏结束时对照组和处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 分别上升到 29.62%、28.09%、28.9%、26.86%, 1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂处理与对照组差异显著 ($P < 0.05$), 其他 2 个组合保鲜剂组与对照组差异不显著。

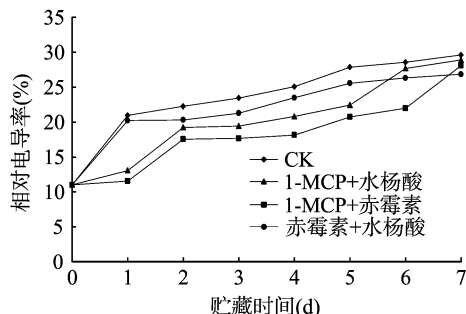


图6 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃相对电导率变化

2.7 不同组合保鲜剂对水蜜桃 MDA 含量的影响

果实在衰老和腐烂过程中会发生质膜过氧化作用, 丙二醛是质膜过氧化作用的主要产物, 因此, 丙二醛含量可以直接地反映果肉细胞质膜过氧化作用的程度, 并间接反映果实的衰老程度^[18]。从图 7 可以看出, 在整个贮藏过程中对照组和处理组的 MDA 都呈一种上升趋势, 对照组的 MDA 含量上升速度最快, 至 7 d 时上升到 1.81 $\mu\text{mol/L}$, 说明对照组质膜过氧化速度最快, 果实最易软化变质。3 个组合保鲜剂处理对丙二醛上升均具有一定的抑制效果, 至贮藏结束时, 1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂的丙二醛含量分别为 1.55、1.30、1.36 $\mu\text{mol/L}$, 处理组与对照组间差异显著 ($P < 0.05$), 处理组间差异不显著。

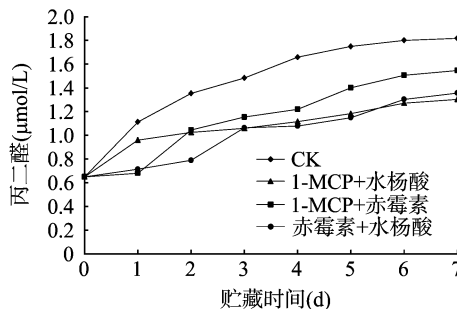


图7 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃MDA含量的变化

2.8 不同组合保鲜剂对水蜜桃 PPO 酶活性的影响

桃果实在贮藏期间引起组织褐变的内部因素是果肉中酚类物质酶促氧化反应的结果, 组织中酚物质的含量、多酚氧化酶的活性和氧气的供应是组织产生褐变的三大基本条件。因此, 控制多酚氧化酶的活性, 即抑制了褐变三大基础条件之一, 可以间接地控制果肉的氧化, 保持果实的商品价值。不同组合保鲜剂处理的桃果实 PPO 酶活性的变化如图 8 所示, 多酚氧化酶的活性与呼吸强度的变化相似, 不单纯的上升, 而是呈现双峰。整个贮藏试验过程中除了 1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂组与对照组较为接近, 其他 2 个处理组均低于对照组。第 1 次峰值时对照组酶活性上升到 433.92 U/g, 处理组 (1-MCP + 赤霉素组合保鲜剂、1-MCP + 水杨酸组合保鲜剂、赤霉素 + 水杨酸组合保鲜剂) 分别上升到 411.07、319.14、266.70 U/g, 处理组明显低于对照组; 贮藏结束时对

对照组的酶活性上升到 544.67, 处理组(1-MCP+赤霉素组合保鲜剂、1-MCP+水杨酸组合保鲜剂、赤霉素+水杨酸组合保鲜剂)的酶活性分别上升到 536.00、535.33、388.63 U/g, 赤霉素+水杨酸组合保鲜剂处理组与对照组、1-MCP+赤霉素组合保鲜剂处理组差异显著($P<0.05$)。

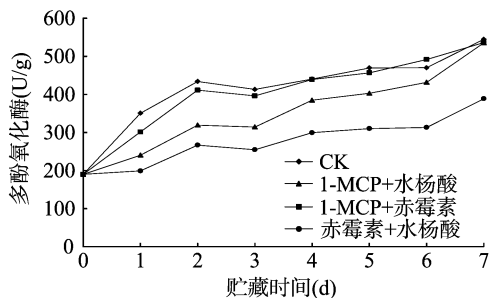


图8 不同组合保鲜剂处理后水蜜桃 PPO 酶活性的变化

3 讨论

水蜜桃是呼吸旺盛的果实,呼吸跃变一旦发生,果实组织中的淀粉酶、多酚氧化酶、果胶酶等酶类物质活性增强,果实可在极短的时间内软化、失水、褐变,造成果实腐烂变质,营养价值流失,极不耐储藏,其常温下货架期很短。1-MCP、水杨酸和赤霉素作为化学保鲜剂已经广泛应用于果蔬的采后保鲜中。由于1-甲基环丙烯(1-MCP)作为一种新型的乙烯作用抑制剂,具有无毒、高效、低量等优点,能够强烈地阻断内源乙烯与受体结合,抑制乙烯所诱导的各种生化反应,降低呼吸强度,延缓呼吸高峰的到来,延缓果实的成熟进程,增加果实贮藏寿命和货架期。王志华等^[19]的研究结果表明,1-MCP能够较好地抑制八月红梨黑心病的发生;陶冬冰等^[20]的研究结果表明,1 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP处理能够有效地抑制丽江雪桃果肉褐变,延长果实的贮藏时间,本试验得到类似结果;王彩霞等^[21]的研究结果表明,1-MCP能够较好地抑制果实呼吸高峰和乙烯释放高峰的出现。外源水杨酸处理可以提高果实成熟过程中超氧化物歧化酶(SOD)的活性并能够抑制1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)氧化酶、过氧化物酶(POD)、抗坏血酸氧化酶(AAO)活性,降低呼吸速率,推迟乙烯释放高峰,减轻果实衰老退化,还能通过抑制过氧化氢酶(CAT)的活性而减少 H_2O_2 的分解,使组织内 H_2O_2 积累,激活果实自身的防卫系统,诱发其抗病性^[22-23]。赤霉素处理可以明显地抑制果实衰老过程中蛋白质降解和质膜过氧化作用,保护细胞膜结构的完整性^[22]。

本试验结果表明,1-MCP+赤霉素组合、1-MCP+水杨酸组合、赤霉素+水杨酸组合保鲜剂对降低果实失重率,丙二醛含量、呼吸强度和呼吸高峰,能提高好果率和对果实硬度的维持。

赤霉素和水杨酸在水果和农作物中的应用具有较多优点,二者使用安全方便,用量少、成本低。其二者皆是植物体内普遍存在的物质,并通过植物体内的生理反应来发挥作用,对环境及人、畜安全,适合绿色无公害农业的发展要求和标准,与常规保鲜方法相比,克服了物理保鲜成本高,难操作的缺点,且符合食品安全的要求,因此具有广阔的应用前景和推

广价值。

参考文献:

- [1] 周慧娟, 乔勇进, 王海宏, 等. 低温对“大团蜜露”水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 制冷学报, 2009, 30(5): 41-44.
- [2] 周慧娟, 乔勇进, 张绍铃, 等. 程序升温对不同成熟度水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2010, 32(2): 227-232.
- [3] 李文香, 肖伟, 王成荣, 等. $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下三阶段减压贮藏对水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2007, 32(8): 232-236.
- [4] 陈文煊, 郝海燕, 陈杭君, 等. 减压贮藏对软溶质水蜜桃采后生理的品质的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(9): 108-112.
- [5] 李丽萍, 韩涛. 水杨酸保鲜大久保桃初探[J]. 食品科学, 1999, 20(7): 61-63.
- [6] 杨书珍, 饶景萍, 彭丽桃. GA_3 对油桃保鲜效果研究[J]. 西北园艺, 2002(5): 7-8.
- [7] 付润山, 姜妮娜, 饶景萍, 等. 赤霉素和苯乙酸对柿果实采后成熟软化生理指标的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(6): 1204-1208.
- [8] 薛长森, 孙伟. 1-MCP处理对水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2011(6): 39-41.
- [9] 刚成诚, 王亦佳, 陈奕兆, 等. 不同1-MCP处理对水蜜桃采后生理及贮藏品质的影响[J]. 天津农业科学, 2012, 18(3): 26-32.
- [10] 王亦佳, 刚成诚, 陈奕兆, 等. 不同处理方法对水蜜桃保鲜效果的综合性研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 249-252.
- [11] 陈奕兆, 刚成诚, 王亦佳, 等. UV-C处理对水蜜桃果实冷害及贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2013, 42(1): 16-21.
- [12] 刚成诚, 李建龙, 王亦佳, 等. 利用不同物理方法处理水蜜桃保鲜效果的对比研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(2): 204-207.
- [13] 刚成诚, 李建龙, 王亦佳, 等. 利用不同化学方法处理水蜜桃保鲜效果的对比研究[J]. 食品科学, 2012, 33(6): 269-273.
- [14] 杨增军, 张华云. 果蔬贮藏学试验指导[M]. 7版. 莱阳: 莱阳农业科学院, 1995: 1-46.
- [15] 南京农业大学食品科技学院. 果蔬贮藏试验[M]. 南京: 南京农业大学, 2000: 2-3.
- [16] 张志良, 翟伟菁. 植物生理学指导[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 274-277.
- [17] Franceso P. Inhibition of Apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and Sodium chloride[J]. Food Process, 1993, 18(4): 547-575.
- [18] 贺军民. GA_3 和钙处理对草莓采后硬度变化、细胞膜透性及丙二醛含量的影响[J]. 陕西农业科学, 1998(3): 27-28.
- [19] 王志华, 王文辉, 佟伟, 等. 1-MCP对八月红梨防褐保鲜的效应[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(3): 338-343.
- [20] 陶冬冰, 吴荣书, 蔡秀丹. 1-MCP处理对丽江雪桃低温贮藏防褐保鲜效果的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(1): 114-117.
- [21] 王彩霞, 陈现臣, 马海乐. 1-MCP对桃果实贮藏保鲜中呼吸作用的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(9): 2227-2230.
- [22] Dempsey D A, Shah J, Klessig D F. Salicylic acid and disease resistance in plants[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1999, 18(4): 547-575.
- [23] Chen Z, Silva H, Klessig D F. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid[J]. Science, 1993, 262(5141): 1883-1886.