

林炎娟,梁华娣,周丹蓉,等. 采后催熟处理对芙蓉李加工品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(15):171-176.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.15.032

# 采后催熟处理对芙蓉李加工品质的影响

林炎娟, 梁华娣, 周丹蓉, 方智振, 姜翠翠, 陈文光, 叶新福

(福建省农业科学院果树研究所, 福建福州 350013)

**摘要:**以芙蓉李为研究对象,研究乙烯利、脱落酸处理对采后芙蓉李果实质地、色差值、色泽、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比、花色苷含量及出汁率的影响,综合分析加工品质变化。结果表明,乙烯利处理明显降低了芙蓉李果肉硬度、果皮强度、果皮破裂深度、果皮脆性、果皮韧性和果肉黏性,加速果实转红,促进花色苷含量积累,提高了可溶性固形物含量、固酸比和出汁率,加速可滴定酸含量下降;而脱落酸处理对芙蓉李果实质地指标影响不明显,可加速贮藏后期果实转红和花色苷含量积累,提高贮藏后期可溶性固形物含量和固酸比,加速贮藏后期可滴定酸含量下降。由此说明,乙烯利处理可在短期内明显提高芙蓉李果实加工适应性和加工品质,而脱落酸处理无法短期内提高加工适应性,可提高贮藏后期加工品质。

**关键词:**催熟处理;芙蓉李;乙烯利;脱落酸;加工品质

**中图分类号:** S662.309+.3;TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)15-0171-06

芙蓉李是福建主栽李树品种之一,其果实甜酸适口,色泽艳丽,果味芳香,营养丰富,富含多种维生素、矿质元素、膳食纤维、氨基酸和多酚等营养物质,具有生津止渴、益胃、醒酒及提神等保健功效<sup>[1-2]</sup>,是适宜鲜食与加工的优良品种,深受消费者青睐。但芙蓉李鲜果采后成熟衰老快,不易保藏,且收获期短,导致鲜果有限货架期内供过于求,除了延长保鲜货架期外,加工成李干、蜜饯、罐头、果脯、果汁和果酒等深加工产品,也是减少损失,提高产品附加值的有效手段<sup>[3-5]</sup>。目前,芙蓉李加工产品主要停留于传统的李干、蜜饯等,成熟的芙蓉李果实因积累花色苷而呈诱人的紫红色,且花色苷具有功能活性<sup>[6-7]</sup>,是果汁果酒等深加工产品的上好原料。李果实中含有大量的果胶物质和纤维素,加大了果实加工成制汁类产品的前处理难度,尤其是为了满足贮运要求时提前采摘的未完全成熟果,具有更高含量的果胶物质,并且这类物质的大量存在

会影响果实出汁率、汁液澄清度及贮藏稳定性等<sup>[8-10]</sup>,且用于机械化生产中加工适应性较低,直接影响该类深加工产品的开发应用。因此,探索芙蓉李果实深加工产品的前处理加工技术,对芙蓉李加工利用和产业发展具有重要意义。有研究报道,乙烯和脱落酸能促进这类与花色苷生物合成相关酶基因和细胞壁降解相关酶基因的表达,从而加速花色苷含量积累,加速细胞壁物质降解,使硬度下降<sup>[11-12]</sup>,提高加工适应性和加工品质。利用外源植物生长调节剂进行化学调控无疑是优选手段,一般情况下施用浓度低,操作简便,作用效果显著。本实验室前期研究也表明乙烯利可促进芙蓉李果实花色苷积累和硬度下降<sup>[1]</sup>,但目前在水果制汁应用上,主要集中于适宜制汁品种的筛选及加工处理中果胶酶等的应用,应用采后化学调控提高芙蓉李果实加工适应性和品质的研究鲜见报道。因此,为了进一步研究乙烯利和脱落酸在芙蓉李果实采后前处理加工的应用价值,分析其对果实质地、色泽和内在品质的影响,本试验对芙蓉李果实采后进行催熟处理,研究乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实硬度、色泽、出汁率、花色苷、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和固酸比等的综合影响,旨在找到切实有效的催熟剂,为芙蓉李采后深加工产品开发应用提供理论参考。

收稿日期:2020-11-12

基金项目:福建省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2020R10280016);福建省农业科学院创新团队项目(编号:STIT2017-1-4);农业部热带作物种质资源保护项目(编号:151821301354052701)。

作者简介:林炎娟(1990—),女,福建诏安人,硕士,主要从事水果保鲜与加工研究。E-mail:linyajuan916@126.com。

通信作者:叶新福,博士,研究员,主要从事品质遗传育种研究。E-mail:yexinfu@126.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试剂

供试材料芙蓉李采自福建省古田县一农户芙蓉李果园,栽培管理技术基本一致,采后当天运回实验室,剔除病虫害果和机械损伤果,选取大小、果皮颜色相对一致、成熟度八九成的果实为试验果,当天立即进行催熟处理。

乙烯利、脱落酸,北京索莱宝科技有限公司;甲醇、盐酸、磷酸氢二钠、柠檬酸、氯化钾,国药集团化学试剂有限公司;试剂盒,苏州科铭生物科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

TMS-PRO 质构仪:美国 FTC 公司;TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计:北京普析通用仪器有限责任公司;H1850 型台式高速离心机:湖南湘仪离心机仪器有限公司;UNIQUE-S15 型超纯水机:锐思捷科学仪器有限公司;JA2003N 型电子分析天平:上海佑科仪器仪表有限公司;B-220 型恒温水浴锅:上海亚荣生化仪器厂;NH300 型便携式色差仪:三恩驰科技有限公司;PAL-BXIACID11 型李子糖酸一体机:日本 ATAGO 公司;便携式 pH 计:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;TM-767 III 型搅拌机:中山市小太阳有限公司。

### 1.3 方法

1.3.1 原料处理 于 2019 年在福建省福州市晋安区果树所内开展试验,将芙蓉李试验果进行以下 3 个处理:(1)对照组:用清水浸泡果实 30 min 后沥

干,装于扎孔透气纸箱中,于室温条件下贮藏,待观察和测定;(2)乙烯利处理组:用 600 mg/L 乙烯利溶液浸泡果实 30 min 后沥干,装于扎孔透气纸箱中,于室温条件下贮藏,待观察和测定;(3)脱落酸处理组:用 50 mg/L 脱落酸溶液浸泡果实 30 min 后沥干,于室温条件下贮藏,装于扎孔透气纸箱中,待观察和测定。3 个处理均是重复 3 次,将处理完毕的果实沥干后,分别装入扎孔透气纸箱,做好标记,置于常温(20~30℃)条件下贮藏,每隔 3 d 观察不同处理组的果实外观形态,并取样测定相关指标,直至乙烯利处理组果实全部软烂。

1.3.2 质构特性相关指标测定 参照马庆华等的测定方法<sup>[13]</sup>,略有改进。将果实置于质构仪平板上,采用穿刺程序和 P/2 探头进行测定,量程为 50 N,测试速度为 300 mm/min,起始力为 0.750 N,穿刺距离为 5.00 mm。果肉硬度测定:将果实最大横径处阴阳面 2 个部位中心处切去直径为 1.0 cm 的圆薄片,于圆心处进行穿刺测定,所得最大力值即为果肉硬度值。其余指标直接进行整果穿刺测定,每个果取最大横径处阴阳面 2 个中心点进行测定。每次随机取样 10 个果实。具体指标数据根据物性分析仪自带软件 Texture Lab Pro 自动计算完成。如图 1 所示,利用质地特征曲线定义如下质构指标:(1)果皮强度(N):锚 2 的力值;(2)果皮破裂深度(mm):锚 1 到锚 2 的运行距离;(3)果皮脆性(N/mm):锚 2 的力值与其运行距离的比值;(4)果皮韧性(mJ):锚 1 到锚 2 的运行面积;(5)果肉黏性(mJ):锚 3 到锚 4 的运行的负值面积。

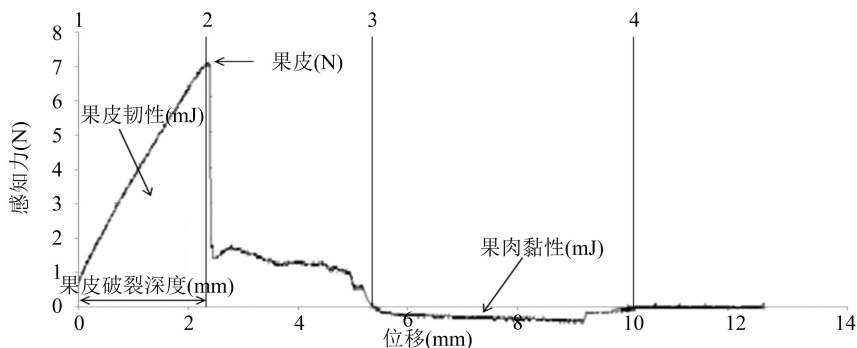


图1 芙蓉李果实整果穿刺试验的质地特征曲线

1.3.3 其他指标测定 用白板作为对照,采用色差仪测定亮度  $L$  值、红绿度  $a$  值和黄蓝度  $b$  值。花色苷含量采用 pH 示差法测定,参考 Fang 等的方法<sup>[14]</sup>。可溶性固形物和可滴定酸质量分数采用李子糖酸一体机测定,结果均用%表示,固酸比取可

溶性固形物与可滴定酸的比值。出汁率测定每次取 10 个果,去核切块后称质量,放入搅拌机中搅拌后用 3 层纱布粗滤和 1 层 120 目绢布过滤,即得果汁,称果汁质量,以果汁质量占果实总质量的百分比作为出汁率。

## 1.4 数据处理与分析

所有数据采用 Excel 2010 软件进行作图与处理,并采用 SPSS 24.0 软件进行显著性方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实质构特性的影响

果实的质构特性直接反映果实软化程度以及组织结构变化情况,是加工特性的重要指标,体现加工适应性。如图 2 所示,随着贮藏时间延长,不同处理组李果实采后果肉硬度、果皮强度和果皮脆性均呈现逐渐下降趋势,且乙烯利组果肉硬度、果皮强度和果皮脆性均明显低于其他 2 组,尤其是第 3 天时乙烯利组迅速下降至较低值,而后趋于缓慢下

降。随着贮藏时间延长,对照组和脱落酸组果皮破裂深度呈现逐渐上升趋势,而乙烯利组呈现先上升后下降趋势,3 d 时三者差异不明显,至 6 d 时开始,3 个处理果皮破裂深度呈现明显差异,其中,对照值明显高于脱落酸和乙烯利组,而乙烯利组逐渐下降,明显低于其余 2 组。随着贮藏时间延长,对照组和脱落酸组果皮韧性呈现逐渐上升趋势,而乙烯利组呈现逐渐下降趋势,乙烯利组果皮韧性明显低于其他 2 组。随着贮藏时间延长,对照组和脱落酸组果肉黏性总体呈现先上升后下降趋势,而乙烯利组总体呈现逐渐下降趋势,乙烯利组果肉黏性明显低于其他 2 组。这说明乙烯利处理明显加速李果实软化,加速李果皮和果肉的组织结构变化,其加速软化效果高于脱落酸组。

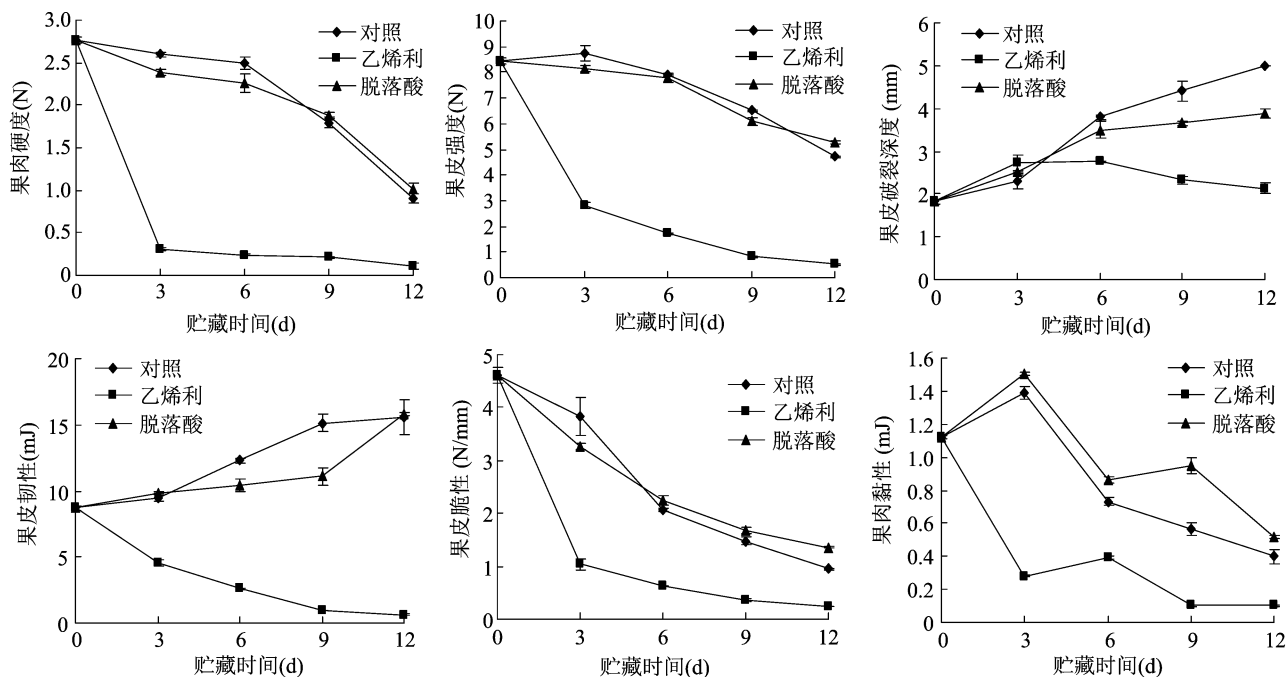


图2 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实质地的影响

### 2.2 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实色泽的影响

芙蓉李果实成熟过程中果皮、果肉逐渐转红,果皮、果肉颜色直接影响外观品质和商品价值,其色差值变化是衡量外观品质的重要指标。不同处理后的果实在贮藏至 3、6、9、12 d 的果皮果肉色差值变化如图 3 所示。随着贮藏时间延长,果皮果肉 L 值(亮度)逐渐下降,其中果肉下降速度更快,而乙烯利组明显加速了果皮果肉的 L 值(亮度)下降,脱落酸组在贮藏前期加速了果肉 L 值(亮度)下降,后期与对照趋于一致。随着贮藏时间延长,果皮 a 值(红绿度)逐渐上升,果肉 a 值(红绿度)逐渐下降,

其中,乙烯利和脱落酸组均明显提高了果皮 a 值(红绿度),乙烯利组明显降低了果肉 a 值(红绿度)。随着贮藏时间延长,果皮、果肉 b 值(黄蓝度)均逐渐下降,其中,乙烯利组明显降低了果皮、果肉 b 值(黄蓝度),脱落酸组降低了果肉 b 值(黄蓝度)。由此说明,乙烯利处理明显提高了果皮红绿度,转红速度快,转红的同时亮度和黄蓝度迅速下降。脱落酸处理组可较缓慢地促进果皮和果肉的转红。

### 2.3 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实花色苷含量的影响

花色苷是芙蓉李果实成熟时的主要着色物质,

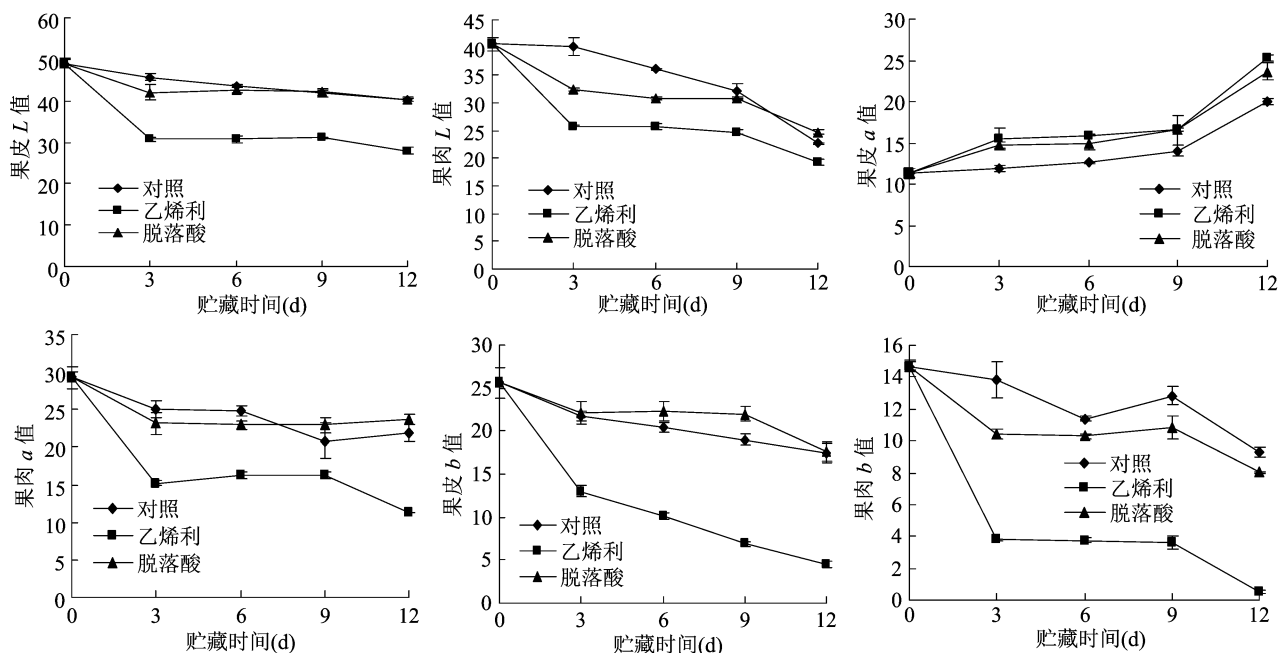


图3 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果皮和果肉色差值的影响

兼具营养保健功效,直接影响果实外观色泽,是评价果实品质的重要指标。如图 4 所示,随着贮藏时间延长,3 个处理组的芙蓉李果皮、果肉花色苷含量均呈上升趋势,其中乙烯利组果皮果肉花色苷含量

均明显高于其他 2 组。由此说明,乙烯利可明显加速芙蓉李果实采后花色苷积累,乙烯利组处理效果明显高于脱落酸组。

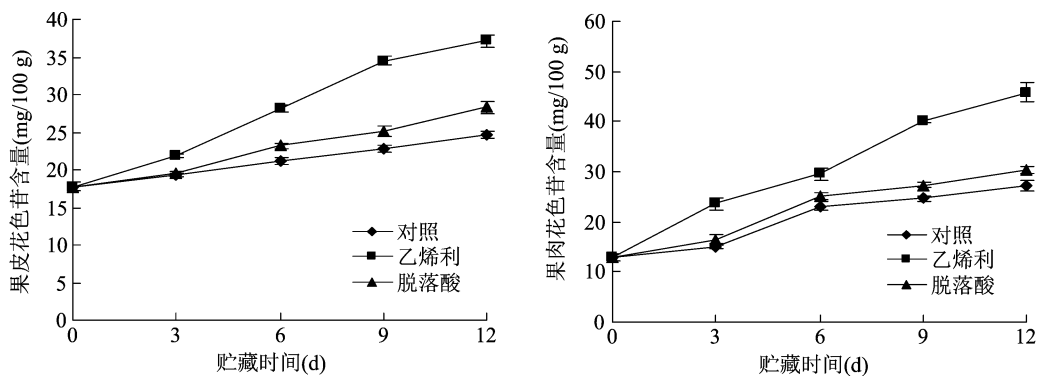


图4 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果皮果肉花色苷含量的影响

#### 2.4 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实可溶性固形物和可滴定酸含量及固酸比的影响

可溶性固形物和可滴定酸含量是衡量果实品质的重要指标,体现果实的甜酸口感,而固酸比可反映果实的综合口感。不同催熟处理果实采后可溶性固形物含量、可滴定酸含量及固酸比如图 5 所示。可溶性固形物含量随贮藏时间延长呈先上升后下降趋势,乙烯利组明显高于其他 2 组。可滴定酸含量均呈逐渐下降趋势,且乙烯利处理组明显低于其他 2 组,脱落酸处理组贮藏前期与对照差异不明显。3 个处理组固酸比均呈上升趋势,且乙烯

利处理组整个贮藏期间均高于其他 2 组,脱落酸组与对照前期差异不明显。

#### 2.5 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实出汁率的影响

出汁率是水果制汁性能的关键指标。催熟处理对芙蓉李果实出汁率的影响如图 6 所示。随着贮藏时间延长,3 个处理的出汁率均呈上升趋势,其中乙烯利处理组出汁率明显高于其他 2 组,且第 3 天达到最大值后不再明显提高,而脱落酸处理和对照呈缓慢上升趋势,两者差异不明显。这说明乙烯利处理明显提高了果实出汁率。

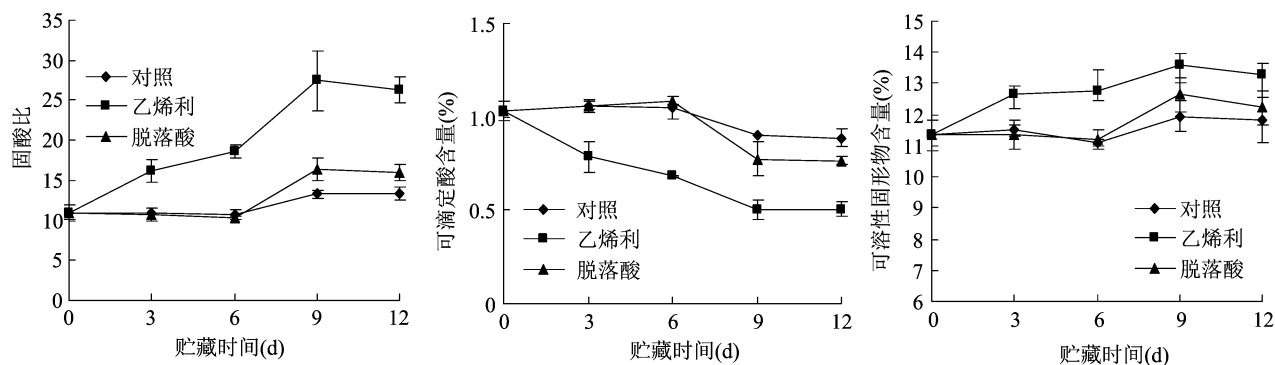


图5 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李可溶性固形物和可滴定酸含量及固酸比的影响

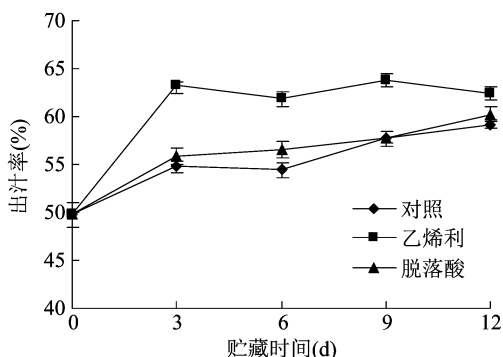


图6 乙烯利、脱落酸处理对芙蓉李果实出汁率的影响

### 3 讨论与结论

完熟芙蓉李具有较佳的加工品质,但完熟果较为软烂,果皮薄,运输挤压很容易使果实开裂果浆流出,影响储运,无法搬运,制约其加工应用<sup>[15]</sup>。水果无论是鲜食还是加工,为了满足贮运要求,目前一般采摘八九成成熟度的果实,其加工适应性低,直接用于加工具有局限性,且品质未达到最佳。李果实是典型的呼吸跃变型果实,乙烯在呼吸跃变型果实后熟与衰老中起着关键作用,参与调控果实成熟软化相关基因的转录和翻译,通过信号传导途径调节成熟相关基因表达,调控一系列生理代谢活动,进而诱发果实成熟过程中相关生理与品质的变化<sup>[16-17]</sup>。脱落酸作为另一种植物调节剂,被认为是调控非跃变型果实成熟衰老的主要关键激素,有研究报道,利用外源脱落酸也能促进呼吸跃变型果实后熟和乙烯生成,可在前期诱导乙烯合成,引起与乙烯类似的生理效应,通过刺激乙烯的合成参与调控跃变型果实的成熟软化<sup>[18-21]</sup>。因此,利用乙烯利和脱落酸这2种催熟剂加速芙蓉李采后成熟软化进程,对芙蓉李果实采后加工生产应用具有重要意义。

果实成熟软化过程中质构特性会发生变化,果实硬度、黏性等直接影响加工适应性,细胞壁结构

和组成变化是果实质地变化的主要原因<sup>[18]</sup>。细胞壁物质主要是果胶物质和纤维素等,这类物质的大量存在还会影响果实加工前处理及后期贮藏稳定性等。本试验结果表明,芙蓉李果实经乙烯利处理后质构特性发生明显变化,果肉硬度、果皮强度、果皮破裂深度、果皮脆性、果皮韧性和果肉黏性均明显下降,尤其是果肉硬度第3天便降至0.5 N以下,加工适应性明显提高。这与苗博英等<sup>[22]</sup>、淡明等<sup>[23]</sup>和李泽珍等<sup>[24]</sup>在南果梨、香蕉和猕猴桃上进行乙烯利处理显著降低硬度有相似结论。经脱落酸处理果实贮藏前期质构特性与对照差异并不显著,对提高芙蓉李果实加工适应性效果有限。这与庞发虎等在梨枣上利用脱落酸降低果实硬度<sup>[25]</sup>、与刘佩等利用脱落酸处理提高冷藏期间黄冠梨果实硬度的结论<sup>[26]</sup>均有所不同。出现不同结果可能与处理方式、处理浓度、贮藏时间及不同果种有关。出汁率反映果实原料利用率,体现经济效益,受果实硬度等质地和组织结构变化的影响,本研究发现乙烯利处理可明显提高芙蓉李出汁率,有利于提高果实利用率,而脱落酸处理效果不明显。这与苗英等利用乙烯利处理可提高红肖梨果实出汁率结果<sup>[27]</sup>相似。

可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比和色泽反映果实综合品质状况,体现果实成熟软化进程,直接影响感官品质,是评价商品价值和加工品质的重要指标。具有诱人色泽是深加工产品销售市场上的竞争力优势,最直观影响消费者选择。成熟芙蓉李果实呈现紫红色艳丽色泽的主要着色物质是花色苷,花色苷是天然活性物质,具有很强的抗氧化、清除自由基的能力<sup>[28]</sup>,也是营养价值体现。有研究认为,乙烯和脱落酸在果实花色苷形成中共同起作用<sup>[28]</sup>。本试验结果表明,经乙烯利处理可明显提高果皮果肉花色苷含量,加快果实转红,呈现

出诱人红色色泽,这与余建等研究报道一致,该研究发现乙烯利处理能够诱导桑椹花青素生物合成相关基因的上调表达,促进桑椹花青素含量的积累<sup>[29]</sup>。经乙烯利处理可明显提高芙蓉李果实可溶性固形物含量,加速可滴定酸含量下降,从而提高固酸比。乙烯利对果实采后可溶性固形物含量、可滴定酸含量和固酸比的影响受不同园艺产品影响而有不同结果<sup>[1]</sup>。本研究脱落酸处理可提高贮藏后期果皮、果肉花色苷含量和降低贮藏后期可滴定酸含量,转红效果低于前者。张培安等用脱落酸处理巨峰葡萄可促进花色苷含量积累,降低可滴定酸含量<sup>[30]</sup>,这与本结果相似,与脱落酸处理促进内源脱落酸含量增加和花色苷积累相关基因的表达有关。

综上所述,乙烯利催熟处理可使芙蓉李果实在短时间内软化和转红,短期内提高果实加工适应性、增加色泽和品质,更有利于果实直接用于榨汁工艺及其他深加工产品开发,乙烯利效果显著优于脱落酸。该研究可为芙蓉李加工应用提供理论指导依据。

#### 参考文献:

- [1] 林炎娟,周丹蓉,叶新福,等. 乙烯利、1-MCP 处理对芙蓉李果实采后品质及生理的影响[J]. 食品研究与开发,2018,39(20): 197-202.
- [2] 张丽玲,蔡思彤,黄鹭强. 永泰芙蓉李营养成分及抗氧化活性研究[J]. 农产品加工(学刊),2012(8):67-70.
- [3] 曾洪挺. 发展芙蓉李提升永泰李产业[J]. 中国果业信息,2006,23(9):7-9.
- [4] 任健敏,彭珊珊,石燕,等. 芙蓉李及其产品营养成分的分析[J]. 农产品加工(学刊),2005(11):70-71.
- [5] 陈世平. 福建·永泰多措并举做优芙蓉李产业[J]. 中国果业信息,2015,32(6):35.
- [6] 周丹蓉,林炎娟,方智振,等. 理化因子对“芙蓉李”花色苷稳定性的影响[J]. 热带作物学报,2019,40(2):275-280.
- [7] 潘少霖,林炎娟,方智振,等. 光照对芙蓉李果肉花色苷积累的影响[J]. 中国南方果树,2018,47(4):126-128,131.
- [8] 薛洁,贾士儒,王异静. 果胶酶在欧李果汁加工中的应用[J]. 食品科学,2007,28(1):120-122.
- [9] Kosmalaa M, Milalaa J, Kołodziejczyk K, et al. Dietary fiber and cell wall polysaccharides from plum (*Prunus domestica* L.) fruit, juice and pomace: comparison of composition and functional properties for three plum varieties[J]. Food Research International, 2013, 54(2): 1787-1794.
- [10] Basanta M F, Ponce N M, Rojas A M, et al. Effect of extraction time and temperature on the characteristics of loosely bound pectins from Japanese plum[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89(1): 230-235.
- [11] Cheng Y D, Liu L Q, Yuan C, et al. Molecular characterization of ethylene-regulated anthocyanin biosynthesis in plums during fruit ripening[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2016, 34(4): 777-785.
- [12] 阚娟,刘俊,金昌海. 桃果实成熟软化与细胞壁降解相关糖苷酶及乙烯生物合成的关系[J]. 中国农业科学,2012,45(14):2931-2938.
- [13] 马庆华,王贵禧,梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. 中国农业科学,2011,44(6):1210-1217.
- [14] Fang Z Z, Zhou D R, Ye X F, et al. Identification of candidate anthocyanin-related genes by transcriptomic analysis of ‘Furongli’ plum (*Prunus salicina* Lindl.) during fruit ripening using RNA-Seq[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 1338.
- [15] 林炎娟,周丹蓉,姜翠翠,等. 不同薄膜包装对芙蓉李采后贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):210-214.
- [16] Wang X, Ding Y, Wang Y, et al. Genes involved in ethylene signal transduction in peach (*Prunus persica*) and their expression profiles during fruit maturation[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 63(3): 306-316.
- [17] Shen Y H, Lu B G, Feng L, et al. Isolation of ripening-related genes from ethylene/1-MCP treated papaya through RNA-seq[J]. BMC Genomics, 2017, 18(1): 671.
- [18] 潘永贵,谢江辉. 现代果蔬采后生理[M]. 北京:化学工业出版社,2009:56-66.
- [19] 李红卫,冯双庆. ABA 和乙烯对冬枣果实成熟衰老的调控[J]. 食品科学,2003,24(2):147-150.
- [20] 曹永庆,冷平,潘烜,等. 脱落酸在桃果实成熟过程中的作用[J]. 园艺学报,2009,36(7):1037-1042.
- [21] 田世平,罗云波,王贵禧. 园艺产品采后生物学基础[M]. 北京:科学出版社,2011:74.
- [22] 苗博英,张鹏,翟宏伟,等. 贮后催熟处理对南果梨果实生理品质的影响[J]. 保鲜与加工,2013,13(1):21-24.
- [23] 淡明,黄梅华,梁晓君,等. 不同催熟条件对香蕉后熟均匀性的影响研究[J]. 热带作物学报,2018,39(6):1095-1101.
- [24] 李泽珍,狄建兵,张杰. 乙烯利处理对猕猴桃品质的影响[J]. 农产品加工(学刊),2014(6):8-9,12.
- [25] 王俊宁,陈文耀,丰锋,等. 乙烯利处理对菠萝蜜果实催熟的影响[J]. 广东农业科学,2014,41(3):94-98.
- [26] 刘佩,王璇,王庆国,等. 脱落酸处理对采后黄冠梨品质及果皮褐变的影响[J]. 农学学报,2017,7(2):84-90.
- [27] 苗英,吕晓苏,秦岭,等. 乙烯利处理对2种贮藏方式下红肖梨果实品质的影响[J]. 北京农学院学报,2016,31(3):43-47.
- [28] 张上隆,陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理[M]. 北京:中国农业出版社,2007:170-171.
- [29] 余建,赵爱春,刘长英,等. 外源乙烯利与1-MCP处理对桑椹中乙烯和花青素相关代谢基因表达的影响[J]. 林业科学,2017,53(2):138-148.
- [30] 张培安,王壮伟,蔡斌华,等. ABA对‘巨峰’葡萄采后成熟关键基因表达的影响[J]. 园艺学报,2018,45(6):1067-1080.