

陈迪新, 张洋, 左培杰, 等. 蒲公英黄酮提取物对鲜切玉露香梨果的保鲜效果[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(5): 944-951.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.05.019

蒲公英黄酮提取物对鲜切玉露香梨果的保鲜效果

陈迪新¹, 张洋¹, 左培杰^{1,2}, 詹栩^{1,2}, 李宜航^{1,2}, 杨英军¹

(1. 河南科技大学园艺与植物保护学院, 河南 洛阳 471000; 2. 中国农业科学院郑州果树研究所, 河南 郑州 450000)

摘要: 随着鲜切果蔬产业的发展, 天然植物提取物保鲜剂越来越受到关注。利用植物天然提取物进行鲜切果蔬保鲜不但安全高效, 还能延长鲜切果蔬的货架期, 提高其商品价值。为探究蒲公英黄酮提取物对鲜切玉露香梨果的保鲜效果, 本研究在蒲公英黄酮提取的基础上, 以无菌蒸馏水为对照, 利用不同质量浓度(0.3 mg/ml, 0.6 mg/ml, 0.9 mg/ml, 1.2 mg/ml)的蒲公英黄酮提取物对鲜切玉露香梨果进行浸泡处理, 分析了贮藏期间鲜切玉露香梨果可滴定酸含量、可溶性固形物含量、总酚含量、丙二醛(MDA)含量等抗氧化指标和品质指标的变化。结果表明, 与对照相比, 适宜质量浓度的蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以显著抑制贮藏期间鲜切玉露香梨果的相对电导率上升、MDA含量增加、色泽褐变和微生物的生长, 维持鲜切玉露香梨果可滴定酸含量、可溶性固形物含量、总酚含量、硬度和2,2-二苯基-1-苦丙酰肼(DPPH)自由基清除率。其中, 0.3 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理具有较好的保鲜效果, 而高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理会在一定程度上降低鲜切玉露香梨果的品质。

关键词: 蒲公英; 黄酮提取物; 玉露香梨果; 鲜切; 保鲜

中图分类号: S661.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2024)05-0944-08

Preservation effects of dandelion flavonoid extract on fresh-cut Yuluxiang pear fruit

CHEN Dixin¹, ZHANG Yang¹, ZUO Peijie^{1,2}, ZHAN Xu^{1,2}, LI Yihang^{1,2}, YANG Yingjun¹

(1. College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, China; 2. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: With the development of fresh-cut fruit and vegetable industry, natural plant extract preservatives have attracted more and more attention. Using natural plant extracts to preserve fresh-cut fruits and vegetables is not only safe and efficient, but also can prolong the shelf life of fresh-cut fruits and vegetables and improve their commodity value. In order to explore the preservation effect of dandelion flavonoid extract on fresh-cut Yuluxiang pear fruit, on the basis of dandelion flavonoid extraction, fresh-cut Yuluxiang pear fruits were soaked with different concentrations (0.3 mg/ml, 0.6 mg/ml, 0.9 mg/ml, 1.2 mg/ml) of dandelion flavonoid extract with sterile distilled water as a control in this study. The changes of antioxidant indexes and quality indexes such as titratable acid content, soluble solids content, total phenol content and malondialdehyde (MDA) content of fresh-cut Yuluxiang pear fruit during storage were analyzed. The results showed that compared with the control, the soaking treatment with appropriate concentration of dandelion flavonoid extract could significantly

inhibit the increase of relative conductivity, the increase of MDA content, color browning and microbial growth of fresh-cut Yuluxiang pear fruit during storage, and maintain the titratable acid content, soluble solids content, total phenol content, hardness and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging rate of fresh-cut Yuluxiang pear fruit. Among them, 0.3 mg/ml dandelion

收稿日期: 2024-03-23

基金项目: 河南省重点科技攻关项目(192102110150)

作者简介: 陈迪新(1975-), 男, 河南信阳人, 博士, 副教授, 主要从事园艺作物栽培及产品贮藏与保鲜研究。(E-mail) cxdxdp@163.com

通讯作者: 杨英军, (E-mail) yangyingjun2003@126.com

flavonoid extract soaking treatment had better preservation effect, while the soaking treatment with high concentration of dandelion flavonoid extract could reduce the quality of fresh-cut Yuluxiang pear fruit to a certain extent.

Key words: dandelion; flavonoid extract; Yuluxiang pear; fresh-cut; preservation

鲜切果蔬具有方便、快捷等特点,逐渐被消费者接受,具有较高的经济效益和广阔的发展空间^[1]。但果蔬经过去皮、切块处理后,会出现褐变、变味、衰老、软化、失水,同时,由于果肉的暴露和汁液的流出有利于微生物繁殖进而导致鲜切果蔬安全风险增加,这些因素均对鲜切果蔬的营养价值和商业价值造成重要影响,进而制约鲜切果蔬产业的发展^[2-5]。因此,鲜切果蔬的保鲜是当前鲜切果蔬产业中亟待解决的关键问题之一。使用保鲜剂进行果蔬处理是一种经济、便捷且高效的保鲜方式,但传统的化学保鲜剂在消费者对食品安全日益重视的今天逐渐不被接受,而使用天然植物提取物进行保鲜是目前公认的安全保鲜方式。

蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.)是菊科多年生草本植物,在中国分布广泛,是一种常见的野生蔬菜和中草药。作为一种药食同源植物,蒲公英富含多种维生素、矿物质、黄酮、多糖等活性成分,具有抗氧化、延缓衰老、消炎止痛等作用^[6]。

玉露香梨是由山西省农业科学院果树研究所选育的耐贮藏、中熟、综合性状较优良的品种^[7]。该品种果实具有皮薄、肉脆、汁液多、香气浓郁等特点^[8],种植面积和产量近年来逐年增加,其中,种植面积最大的山西省隰县2023年面积已达到 $1.53 \times 10^4 \text{ hm}^2$,产量达 $3.5 \times 10^4 \text{ t}$,产值 $2.6 \times 10^8 \text{ 元}$ ^[9],山东、陕西、新疆、河北、北京、辽宁、宁夏、河南等省市也有大面积引种和栽培^[10-12]。由于玉露香梨果实较大,非常适合鲜切切分后食用。目前针对玉露香梨的保鲜已有一些研究,但已有研究^[13-14]都是以整个梨果为研究对象,而对鲜切玉露香梨果的保鲜方法报道较少。鉴于化学保鲜剂的安全隐患,本研究利用不同浓度的蒲公英黄酮提取物对鲜切玉露香梨进行浸泡处理,并测定其对鲜切玉露香梨贮藏期间的保鲜效果,以为鲜切果蔬的保鲜提供新方法,进而促进鲜切果蔬产业发展。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

2023年8月20日,从河南省洛阳市洛宁县鑫

果缘生态农业有限公司玉露香梨园选取成熟度、色泽、大小一致的无病虫害、无机械损伤玉露香梨果实80.0 kg备用。2022年7月16日,于洛阳市洛龙区李楼乡采摘自然生长的蒲公英,整株烘干后粉碎过60目筛,取重量为1.0 kg的蒲公英烘干粉备用。

无水乙醇(分析纯)购自天津市凯通化学试剂有限公司;HPD722型大孔树脂购自廊坊森阳化工有限公司;硫代巴比妥酸(TBA)、邻苯二酚、芦丁(分析纯)购自上海源叶生物有限公司;硫代巴比妥酸(分析纯)购自上海国药集团化学试剂有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH,分析纯)购自上海吉至生化科技有限公司。

雷磁 DDS-307A 台式电导率仪购自上海科晓科学仪器有限公司;LH-T32 手持式折光仪购自杭州路恒生物科技有限公司;HD-GY-4 便携式瓜果硬度测试仪购自山东霍尔德电子科技有限公司;CR-10 型色差计购自美国柯尼卡美能达公司;V-1800 型分光光度计购自上海尤尼柯科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 蒲公英黄酮提取物的提取、纯化及浓度测定

蒲公英烘干粉用超声波乙醇法^[15]提取黄酮,过滤收集提取液,重复提取3次。将提取液置于 RE52 旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂产品)中 50 °C 真空蒸发浓缩 12 h,再离心去除杂质,得到蒲公英黄酮粗提取物。利用 HPD722 型大孔树脂对蒲公英黄酮粗提取物进行纯化^[16],纯化后置于旋转蒸发器中进一步 50 °C 真空蒸发浓缩 18 h,得到蒲公英黄酮提取物,冷却后置于 -80 °C 冰箱中保存备用。使用芦丁标定法制作标准曲线^[17]。根据标准曲线和蒲公英黄酮提取物在 510 nm 处的吸光度计算其黄酮含量。经测定,本研究制备的蒲公英黄酮提取物的黄酮含量为 13.42 mg/ml。分别量取 22.35 ml、44.71 ml、67.06 ml、89.42 ml 的蒲公英黄酮提取物,加入蒸馏水定容到 1.0 L,得到黄酮含量为 0.3 mg/ml、0.6 mg/ml、0.9 mg/ml、1.2 mg/ml 的蒲公英黄酮提取物溶液。

1.2.2 玉露香梨处理 将玉露香梨用清水冲洗后,用消毒过的 DLG-1000 削皮机(潍坊多朗格机电设

备有限公司产品)去皮去核后,均匀竖切为八块。然后将玉露香梨鲜切块随机均分为5份,分别利用0.3 mg/ml、0.6 mg/ml、0.9 mg/ml、1.2 mg/ml蒲公英黄酮提取物溶液和无菌蒸馏水(CK)浸泡5 min,取出晾干后分别装入灭菌过的一次性聚乙烯餐盒中,每处理49盒,每盒10块梨。每处理6盒用于失重率的测定,3盒用于菌落数量的测定,15盒用于色差的测定和色泽观察,15盒用于硬度测定,10盒用于可滴定酸含量、可溶性固形物含量、电导率、总酚含量、丙二醛含量、DPPH自由基清除率等生理指标的测定。餐盒用具有透气功能的保鲜膜覆盖,处理后放在4℃冰箱中保存,并于贮藏后0 d、3 d、6 d、9 d、12 d,随机选取各处理餐盒中的玉露香梨鲜切块进行生理指标的测定,所有指标均重复测量3次。

1.3 指标测定

采用氢氧化钠滴定法^[18]测定玉露香梨鲜切块的可滴定酸含量。利用LH-T32手持式折光仪测定玉露香梨鲜切块的可溶性固形物含量。利用HD-GY-4便携式瓜果硬度测试仪测定玉露香梨鲜切块硬度。用称重法测定鲜切梨的失重率。采用Folin-Ciocalteu法^[19]测定玉露香梨鲜切块的总酚含量。参照Liu等^[20]方法测定玉露香梨鲜切块多酚氧化酶(PPO)活性。参照Zhu等^[21]方法测定玉露香梨鲜切块的相对电导率。采用硫代巴比妥酸法^[22]测定玉露香梨鲜切块的丙二醛(MDA)含量。采用Duan等^[23]方法测定玉露香梨鲜切块的DPPH自由基清除率。采用平板计数法^[24]测定鲜切梨贮藏期间的微生物菌落总数。采用色差计测定鲜切梨贮藏期间的白度值(L^*)、红绿值(a^*)和黄蓝值(b^*),计算鲜切梨贮藏期间与贮藏始期的色差值(ΔE)^[25]。

1.4 数据分析

采用IBM SPSS 26.0软件,选择单因素方差分析(ANOVA)方法在 $P < 0.05$ 的水平上进行处理间差异显著性分析。采用Origin 2019软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨可滴定酸含量和可溶性固形物含量的影响

可滴定酸含量和可溶性固形物含量是影响水果风味的重要因素。随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的可滴定酸含量均呈减少趋势。贮藏后3~12 d,不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡

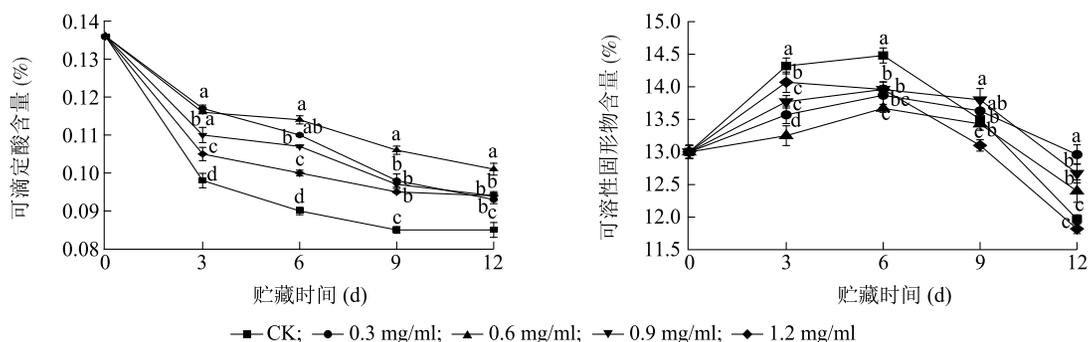
处理下,玉露香梨鲜切块的可滴定酸含量均显著高于CK。贮藏后3~6 d,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块可滴定酸含量无显著差异,而高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理会导致玉露香梨鲜切块可滴定酸含量的下降。而贮藏后9~12 d,0.6 mg/ml蒲公英黄酮提取物浸泡处理的可滴定酸含量显著高于其他处理,0.3 mg/ml、0.9 mg/ml和1.2 mg/ml质量浓度浸泡处理之间无显著差异(图1)。

随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的可溶性固形物含量均呈先增加再减少的趋势。贮藏后3~6 d,CK的可溶性固形物含量显著高于不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理,高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理能更好维持玉露香梨鲜切块的可溶性固形物含量。而贮藏后9~12 d,0.3 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理能更好维持玉露香梨鲜切块的可溶性固形物含量,而1.2 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理和CK的可溶性固形物含量相对较低(图1)。综合来看,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以更好地维持玉露香梨鲜切块贮藏期间的可滴定酸含量和可溶性固形物含量。

2.2 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨失重率和硬度的影响

随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的失重率均呈增加趋势。贮藏后3~12 d,不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块的失重率均显著低于CK。贮藏后3~6 d,不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理玉露香梨鲜切块的失重率差异不大,但在贮藏后期(贮藏后9~12 d),随着蒲公英黄酮提取物浸泡质量浓度的增加,玉露香梨鲜切块的失重率呈现明显的增加趋势(图2)。

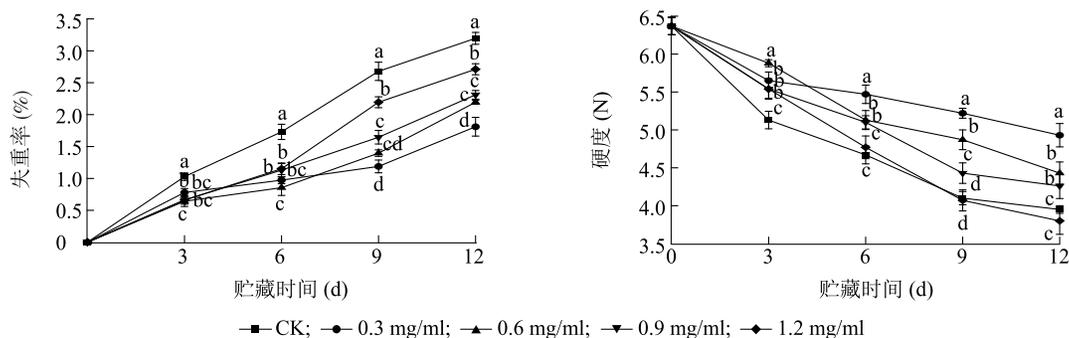
随着贮藏时间的增加,不同处理玉露香梨鲜切块的硬度均呈下降趋势。贮藏后3 d,0.6 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块硬度显著高于其他处理。贮藏后6~12 d,0.3 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块硬度显著高于其他处理(图2)。总体上,0.3 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理能更好地保持玉露香梨鲜切块的水分和硬度。



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图1 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块的可滴定酸含量和可溶性固形物含量的影响

Fig.1 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on titratable acid content and soluble solids content of fresh cut Yuluxiang pears



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图2 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物溶液浸泡处理对玉露香梨鲜切块的失重率和硬度的影响

Fig.2 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on weight loss rate and hardness of fresh cut Yuluxiang pears

2.3 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨总酚含量和 *PPO* 活性的影响

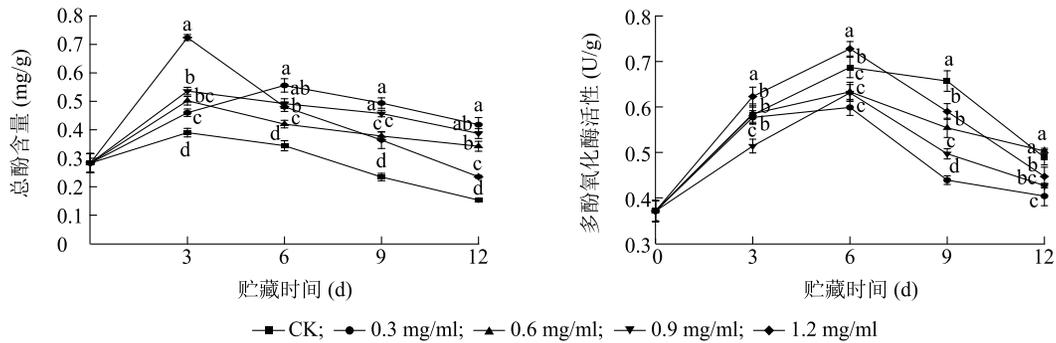
植物中的酚类物质具有清除自由基、抗氧化的作用。随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的总酚含量呈现先增加再减少的趋势。贮藏后 3 d, 玉露香梨鲜切块的总酚含量与蒲公英黄酮提取物浸泡质量浓度呈正比,即高质量浓度的浸泡液有利于提高玉露香梨鲜切块的总酚含量。而贮藏后 6 d, 0.3 mg/ml 质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块的总酚含量显著高于 0.6 mg/ml、1.2 mg/ml 质量浓度处理和 CK (图 3)。

随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块多酚氧化酶 (*PPO*) 活性亦呈现先增加再减少的趋势,各处理均以贮藏后 6 d *PPO* 活性最高。贮藏后 3 d, 1.2 mg/ml 质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理 *PPO* 活性显著高于其他处理,达到 0.677 U/g; 贮藏后 6 d, 0.3 mg/ml 质量浓度蒲公英黄酮提取物

浸泡处理的鲜切玉露香梨 *PPO* 活性显著低于 1.2 mg/ml 处理和 CK。总体上看, 0.3 mg/ml 和 0.9 mg/ml 质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以更好地维持玉露香梨鲜切块贮藏期间的总酚含量,抑制 *PPO* 活性的上升 (图 3)。

2.4 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨相对电导率 (*EC*) 和丙二醛 (*MDA*) 含量的影响

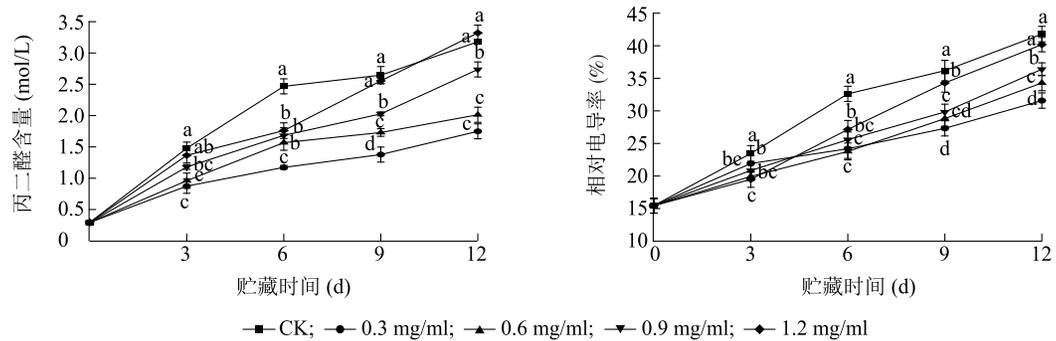
相对电导率 (*EC*) 和丙二醛 (*MDA*) 含量可以反映细胞膜的氧化和损伤程度。随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的相对电导率均呈增加趋势。贮藏后 3~9 d, 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块的相对电导率均低于 CK。贮藏后 3~6 d, 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块的相对电导率差异不大,贮藏后 9~12 d, 低质量浓度的蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块的相对电导率相对较低 (图 4)。



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图3 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块总酚含量和多酚氧化酶(PPO)活性的影响

Fig.3 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on total phenol content and polyphenol oxidase (PPO) activity of fresh cut Yuluxiang pears



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图4 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块相对电导率和丙二醛含量的影响

Fig.4 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on relative conductivity and malondialdehyde content of fresh cut Yuluxiang pears

同样,随着贮藏时间的延长,不同处理玉露香梨鲜切块的丙二醛含量亦呈增加趋势。随着蒲公英黄酮提取物质量浓度的增加,玉露香梨鲜切块的MDA含量总体呈增加趋势。CK的MDA含量与1.2 mg/ml质量浓度的蒲公英黄酮提取物浸泡处理基本一致(图4)。总的来说,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以更好地抑制玉露香梨鲜切块贮藏期间相对电导率和丙二醛(MDA)含量的上升。

2.5 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨DPPH自由基清除率和色差值(ΔE)的影响

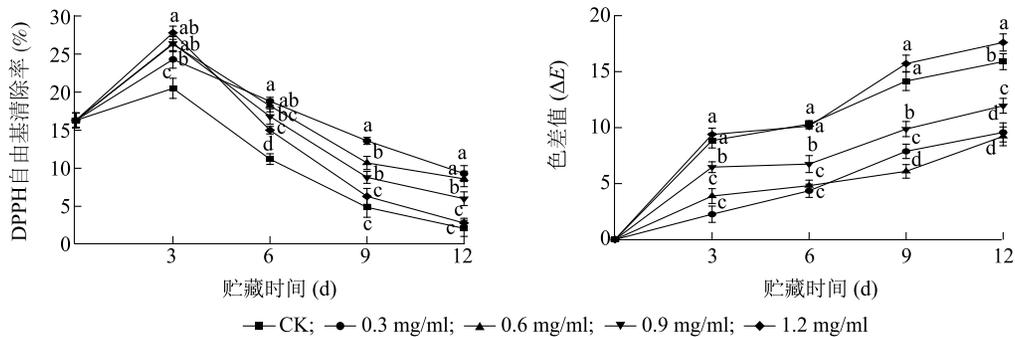
DPPH自由基清除率可以直接反映鲜切果蔬的抗氧化能力,而色差值(ΔE)反映其色泽变化。随着玉露香梨鲜切块贮藏时间的增加,各处理DPPH自由基清除率呈现先增加后减少的趋势(图5)。贮藏后3 d,各处理DPPH自由基清除率均达到最高,且随着蒲

公英黄酮提取物质量浓度的增加,玉露香梨鲜切块的DPPH自由基清除率呈增加趋势。而贮藏后6~12 d,虽然CK的DPPH自由基清除率仍为最低,但随着蒲公英黄酮提取物质量浓度的增加,玉露香梨鲜切块的DPPH自由基清除率呈减少趋势。总体来看,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml蒲公英黄酮提取物浸泡处理玉露香梨鲜切块的DPPH自由基清除率高于高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理和CK。

随着贮藏时间的增加,各处理玉露香梨鲜切块的色差值(ΔE)均呈增加趋势,色泽逐渐变为褐色(图5、图6)。贮藏后3~12 d,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块色差值差异不大,均显著低于其他处理。1.2 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块色差值与CK差异不大,均显著高于其他处理,说明蒲公英黄酮提取物质量浓度过高,

会促进氧化和鲜切块品质的下降。综合来看,0.3 mg/ml和0.6 mg/ml质量浓度蒲公英黄酮提取物浸

泡处理对玉露香梨鲜切块 DPPH 自由基清除能力和色泽的保持有更好的效果。



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图5 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块 2,2-二苯基-1-苦丙酰肼 (DPPH) 自由基清除率和色差值的影响

Fig.5 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging rate and color difference of fresh cut Yuluxiang pears

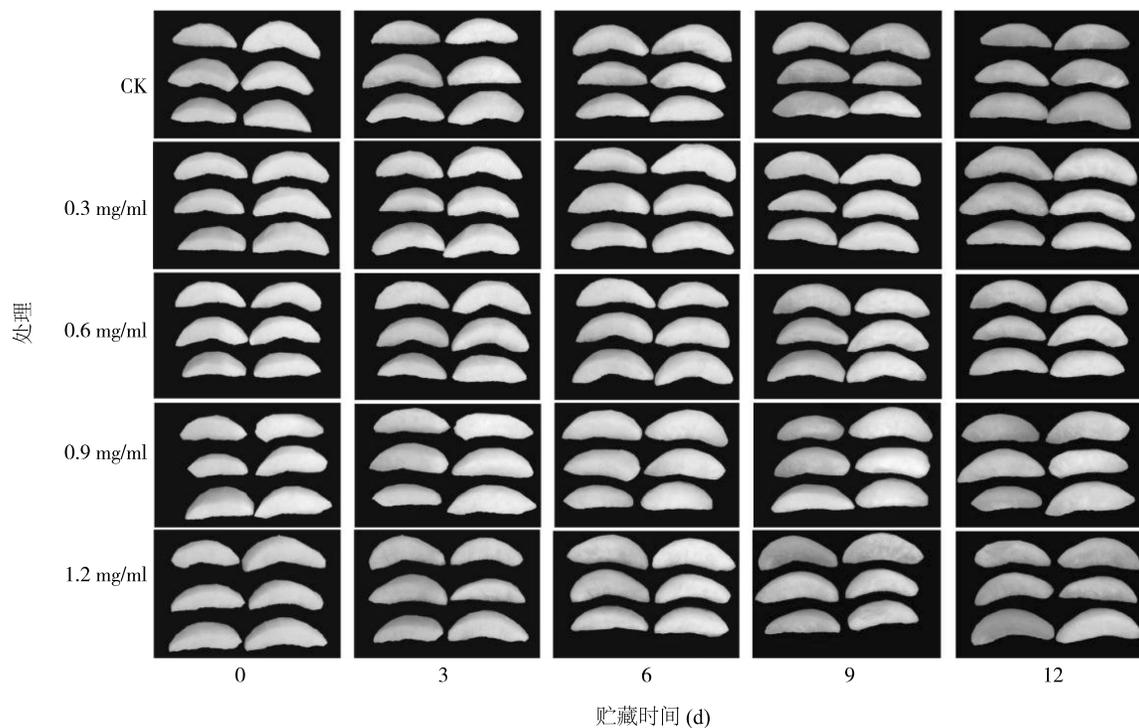


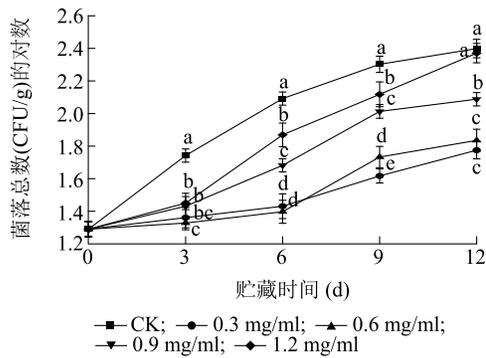
图6 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块外观的影响

Fig.6 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on the appearance of fresh-cut Yuluxiang pears

2.6 蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨菌落总数的影响

随着贮藏时间的增加,不同处理玉露香梨鲜切块的菌落总数均呈增加趋势(图7)。贮藏后3~12 d,不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块菌落总数总体均显著低于CK。0.3

mg/ml和0.6 mg/ml蒲公英黄酮提取物浸泡处理的玉露香梨鲜切块菌落总数总体差异不大,且随着蒲公英黄酮提取物质量浓度的增加,玉露香梨鲜切块的菌落总数呈增加趋势。总之,0.3 mg/ml蒲公英黄酮提取物浸泡处理能较好抑制玉露香梨鲜切块贮藏期间微生物生长。



图中相同贮藏时间下不同小写字母表示处理间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。

图7 不同质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对玉露香梨鲜切块菌落总数的影响

Fig.7 Effects of soaking treatments with different concentrations of dandelion flavonoid extract on the total number of colonies in fresh-cut Yuluxiang pears

3 讨论

作为药食同源植物,蒲公英具有较好的抑菌和抗氧化功能,是目前食品保鲜研究的热门材料。朱庆莉等^[26]研究表明,蒲公英总黄酮具有较好的体外抗氧化性,且对淀粉液化芽孢杆菌、大肠杆菌和黑曲霉均有抑制效果;蒲公英总黄酮提取物和壳聚糖涂膜可以有效抑制畜禽产品中微生物的繁殖生长,延长冷鲜猪肉货架期^[27],延缓鸡胸肉脂肪氧化,保持风味品质^[28]。

张永清等^[29]研究发现蒲公英提取液可以抑制鲜切莲藕可滴定酸含量下降,并保持鲜切莲藕品质。本研究中,随着贮藏时间的增加,不同处理玉露香梨鲜切块可滴定酸含量总体亦呈降低趋势,与前人研究结果一致。可滴定酸含量的降低可能与贮藏过程中有机酸的消耗相关^[30-31]。

多酚氧化酶是导致鲜切水果褐变的主要酶^[32]。多酚氧化酶可以将酚类化合物氧化成醌,进而形成棕色色素导致食物外观褐变^[33]。本研究中 0.3 mg/ml 质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以很好地抑制鲜切玉露香梨贮藏期间 PPO 活性的上升,并维持总酚含量,降低鲜切玉露香梨的色差值。但较高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理会在一定程度上对鲜切玉露香梨的品质造成不利的影响,这是因为高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理可能会增加渗透压,进而导致鲜切玉露香梨变质。这与

王建芳等^[34]研究结果相一致。

细胞膜的氧化损伤会引起细胞内营养物质外流,导致电导率增高,同时,膜脂过氧化作用会导致 MDA 含量的增加^[35]。本研究中蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以抑制鲜切玉露香梨电导率和 MDA 含量的上升,说明蒲公英黄酮提取物浸泡处理可以抑制鲜切玉露香梨细胞膜的损伤和氧化。而高质量浓度蒲公英黄酮提取物浸泡处理对鲜切玉露香梨的不利影响是由于高质量浓度下类黄酮促氧化行为导致的^[36]。

蒲公英花、茎、叶中的黄酮类化合物均对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌有抑制作用^[37]。其原因在于蒲公英黄酮提取物可破坏微生物的细胞膜结构,导致菌体内容物外泄,进而导致菌体死亡^[38]。但高质量浓度黄酮提取物处理带来的高渗透压和促氧化行为会导致鲜切玉露香梨的细胞膜损伤,细胞内营养物质外流,加速细菌繁殖。

4 结论

0.3 mg/ml 质量浓度的蒲公英黄酮提取物浸泡处理是一种有效的鲜切玉露香梨保鲜方法,而较高质量浓度蒲公英黄酮提取物处理会由于高渗透压和促氧化行为对鲜切玉露香梨的品质造成不利的影响。本研究结果为蒲公英黄酮提取物的商业应用提供参考,相关方法和结果对鲜切果蔬保鲜和鲜切果蔬产业发展也具有重要作用。

参考文献:

- [1] 王爽,常虹,周家华,等. 鲜切的水果皮渣综合利用的研究综述[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 106-114.
- [2] 白瑶,马金晶,黄敏毅,等. 北京五城区零售鲜切果蔬中重要食源性致病菌污染与耐药性研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(6): 692-697.
- [3] 赵海云,邵林,李涛,等. 鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J]. 农产品加工, 2023, 47(10): 81-90.
- [4] 张玉萍,莫丽媛,丁惠敏,等. 双乙酰处理对鲜切西兰花贮藏品质及抗氧化能力的影响[J/OL]. 食品与发酵工业. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.038197>.
- [5] 胡晓敏,黄彭,刘雯欣,等. 非热物理技术在鲜切果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(10): 278-284.
- [6] 李波,信瑞,柳承鑫,等. 蒲公英花提取物对红细胞氧化损伤的抑制作用[J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(8): 1198-1200.
- [7] 郭黄萍,郝国伟,张晓伟,等. ‘玉露香梨’的性状表现与栽培贮藏保鲜技术[J]. 落叶果树, 2011, 43(5): 41-43.
- [8] 史高川,段兰虎,吴德平,等. 隰县玉露香梨成熟期分区采收区

- 划[J]. 果树资源学报,2022,3(2):35-38,54.
- [9] 赵玉山. 山西: 隰县玉露香梨纳入 2023 年农业品牌精品培育名单[J]. 中国果业信息,2023,40(11):51-52.
- [10] 宋润科,韩超,丁鹏远,等. 玉露香梨在中国的引种表现及研究进展[J]. 农业与技术,2021,41(15):98-101.
- [11] 谢鹏,蔚露,王红宁,等. 不同产区玉露香梨果实品质特性综合分析[J]. 果树学报,2023,40(11):2371-2380.
- [12] 于宛婷,王文辉,张鑫楠,等. 外源褪黑素对玉露香梨常温贮藏品质和生理特性的影响[J]. 果树学报,2023,40(8):1583-1591.
- [13] 贾晓辉,张鑫楠,王东峰,等. 不同气体组分对玉露香梨采后生理及品质的影响[J]. 中国果树,2023,8(1):17-23.
- [14] 秦一帆,赵迎丽,陈会燕,等. 臭氧处理对贮藏期玉露香梨品质的影响[J]. 山西农业科学,2020,48(9):1529-1532.
- [15] HUANG W, XUE A, NIU H, et al. Optimised ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from *Folium eucommiae* and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems *in vitro*[J]. Food Chemistry,2009,114(3):1147-1154.
- [16] 徐超,张昊宇,任红涛,等. 艾草黄酮大孔吸附树脂纯化及抗氧化活性研究[J]. 河南农业大学学报,2023,57(3):451-461.
- [17] 张哲,朱沛沛,朱蝶蝶,等. 桂花总黄酮的超声波提取工艺及抑菌活性[J]. 西部皮革,2014,36(12):27-31.
- [18] VELICKOVA E, WINKELHAUSEN E, KUZMANOVA S, et al. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa) under commercial storage conditions[J]. Lwt-Food Science and Technology,2013,52(2):80-92.
- [19] JAVANMARDI J, STUSHNOFF C, LOCKE E, et al. Antioxidant activity and total phenolic content of iranian ocimum accessions[J]. Food Chemistry,2003,83(4):547-550.
- [20] LIU J, TIAN S P, MENG X H. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit[J]. Postharvest Biology and Technology,2007,44(3):300-306.
- [21] ZHU L Q, ZHOU J, ZHU S H, et al. Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid[J]. Food Chemistry,2009,114(1):174-179.
- [22] LI X Y, DU X L, LIU Y, et al. Rhubarb extract incorporated into an alginate-based edible coating for peach preservation[J]. Scientia Horticulturae,2019,57:108685.
- [23] DUAN X W, LIU T, ZHANG D D, et al. Effect of pure oxygen atmosphere on antioxidant enzyme and antioxidant activity of harvested litchi fruit during storage[J]. Food Research International,2011,44(7):1905-1911.
- [24] MANZOCCHIO L, PLAZZOTTA S, MAIFRENI M, et al. Impact of UV-C light on storage quality of fresh-cut pineapple in two different packages[J]. LWT - Food Science and Technology,2016,65(1):138-143.
- [25] ZHENG H H, LIU W, LIU S, et al. Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit[J]. Food Chemistry,2019,30(11):116-125.
- [26] 朱庆莉,王嘉翊,贺旺,等. 蒲公英总黄酮萃取工艺及其体外抗氧化性、抑菌性研究[J]. 金陵科技学院学报,2022,38(2):86-92.
- [27] 王晓英,刘长皎,段连海,等. 蒲公英总黄酮提取物在冷鲜猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学,2014,35(6):214-218.
- [28] 何惠利,任雪娇,张莉力. 蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜的制备及对冷鲜鸡胸肉保鲜的研究[J]. 食品研究与开发,2022,43(7):112-118.
- [29] 张永清,姜亚平,张佳雯. 蒲公英提取液对鲜切莲藕的保鲜作用[J]. 北方园艺,2019,19(3):75-80.
- [30] DENG W, ZHENG H, ZHU Z, et al. Effect of surfactant formula on the film forming capacity, wettability, and preservation properties of electrically sprayed sodium alginate coats[J]. Foods,2023,12(11):2197.
- [31] LAN W, LI S, SHAMA S, et al. Investigation of ultrasonic treatment on physicochemical, structural and morphological properties of sodium alginate/AgNPs/apple polyphenol films and its preservation effect on strawberry[J]. Polymers,2020,12(9):2096.
- [32] JIANG L, LUO Z, LIU H, et al. Preparation and characterization of chitosan films containing lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp powder and their application as active food packaging[J]. Foods,2021,10(11):2834.
- [33] ZHANG G J, GU L B, LU Z F, et al. Browning control of fresh-cut Chinese yam by edible coatings enriched with an inclusion complex containing star anise essential oil[J]. RSC Advances,2019,9(2):5002-5008.
- [34] 王建芳,曹让,辛清婷,等. 蒲公英根提取物对菜籽油的抗氧化效果[J]. 草业科学,2022,39(8):1698-1705.
- [35] JIN S Y, DING Z Y, XIE J. Study of postharvest quality and antioxidant capacity of freshly cut amaranth after blue LED light treatment[J]. Plants,2021,10(8):1614.
- [36] SADZAK A, BRKLJACA Z, ERAKOVIC M, et al. Puncturing lipid membranes: onset of pore formation and the role of hydrogen bonding in the presence of flavonoids[J]. Journal of Lipid Research,2023,64(10):10430.
- [37] 艾淑娜,范英姿,陈叶茂,等. 蒲公英花、茎、叶乙醇提取物组分鉴定及抑菌活性研究[J]. 许昌学院学报,2023,42(2):85-89.
- [38] 杨建婷,梁引库,王全华. 蒲公英提取物对白念珠菌的抑制作用及机制研究[J]. 中南药学,2022,20(9):2089-2094.

(责任编辑:石春林)