

两种天然保鲜剂对气调包装青皮核桃 贮藏期品质的影响

丁真真¹, 夏娜¹, 刘艳全¹, 张甜¹, 姜蕾¹, 苟元鹏¹, 张超^{2*}

(1. 喀什大学生命与地理科学学院, 新疆帕米尔高原生物资源与生态重点实验室, 喀什 844000;
2. 北京市农林科学院农产品加工与食品营养研究所, 北京 100097)

摘要: 目的 探究两种天然保鲜剂对气调包装青皮核桃贮藏期品质的影响。**方法** 以新丰青皮核桃为实验材料, 在4°C下贮藏60 d, 探究无花果叶提取液和植酸这两种天然保鲜剂处理对青皮核桃失重率、果皮颜色、 a^* 、叶绿素以及核桃仁丙二醛含量、可溶性蛋白含量和酸价等品质特征的影响。**结果** 无花果叶提取液的保鲜效果优于植酸, 贮藏到60 d时, 无花果叶提取液处理青皮核桃的失重率为8.51%, 比对照组(control group, CK)下降了72.22%, 果皮颜色无明显变化, a^* 为-1.21, 叶绿素含量为30.55 mg/100 g, 比CK高了265.87%; 核桃仁内种皮褐变度为0.328, 仅为CK的22.62%; 核桃仁的丙二醛含量比CK降低了69.69%, 可溶性蛋白含量为11.38 mg/g, 比CK提高了122.27%, 酸价为3.52 mg/g, 可见无花果叶提取液延缓了核桃仁丙二醛含量升高和油脂的氧化酸败, 维持了核桃仁鲜食品质。**结论** 无花果叶提取液提高了青皮核桃的保鲜效果, 维持了核桃仁鲜食的品质, 为进一步开发天然保鲜剂提供理论依据。

关键词: 青皮核桃; 气调保鲜; 天然保鲜剂; 贮藏; 品质

Effects of 2 kinds of natural preservatives on the quality of air conditioned packaged green walnut during storage

DING Zhen-Zhen¹, XIA Na¹, LIU Yan-Quan¹, ZHANG Tian¹, JIANG Lei¹,
GOU Yuan-Peng¹, ZHANG Chao^{2*}

(1. Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamir Plateau, College of Life and Geographical Sciences, Kashgar University, Kashgar 844000, China; 2. Institute of Agricultural Product Processing and Food Nutrition, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of 2 kinds of natural preservatives on the quality of air conditioned packaged green walnut during storage. **Methods** The effects of 2 kinds of natural preservatives, *Ficus carica* leaf extract and phytic acid treatment on weight loss rate, peel color, a^* , chlorophyll, malondialdehyde content, soluble protein content and acid value of walnut were investigated by using Xinfeng green walnut as experimental material and stored at 4°C for 60 days. **Results** The preservation effect of *Ficus carica* leaf extract was better than phytic acid. They were stored for 60 days. The weight loss rate of walnut treated with *Ficus carica* leaf extract was 8.51%, which

基金项目: 喀什大学校级科研项目(20200733)、喀什地区科技计划项目(KS2021012)

Fund: Supported by the University-level Research Project of Kashgar University (20200733), and the Science and Technology Project of Kashgar Region (KS2021012)

*通信作者: 张超, 博士, 研究员, 主要研究方向为果蔬深加工。E-mail: zhangchao_3@163.com

*Corresponding author: ZHANG Chao, Ph.D, Professor, Institute of Agricultural Product Processing and Food Nutrition, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China. E-mail: zhangchao_3@163.com

decreased by 72.22% compared with control group (CK). There was no obvious change in the color of the peel of green walnut, with a^* of -1.21 and chlorophyll content of 30.55 mg/100 g, which was 265.87% higher than CK. The browning degree of walnut seed coat was 0.328, which was only 22.62% of CK. The content of malondialdehyde in walnut kernel decreased by 69.69% compared with CK. The soluble protein content of walnut kernel was 11.38 mg/g, which was 122.27% higher than CK. The acid value of walnut kernel was 3.52 mg/g. **Conclusion** *Ficus carica* leaf extract improves the fresh-keeping effect of walnut, maintains the quality of walnut kernel, and provides a theoretical basis for further development of natural preservative.

KEY WORDS: green walnut; air conditioning preservation; natural preservative; storage; quality

0 引言

核桃(*Juglans regia* L.)为胡桃科胡桃属植物^[1],青皮核桃口感脆嫩,易剥除核桃仁内种皮,核桃仁无苦涩口感,因较高的保健功能越来越受到消费者青睐,具有较大市场需求^[2-4]。但采后青皮易褐变、开裂,核桃仁易霉变,供应期仅局限在采收季节,严重制约了青皮核桃产业发展^[5]。因此,挖掘适宜青皮核桃保鲜技术,提升青皮核桃鲜食品质成为当务之急。

研究表明对青皮核桃采用气调包装(modified atmosphere package, MAP)是有效的保鲜途径^[6-7]。近年来,植物源活性成分的保鲜剂凭借较强抗氧化、抑菌的优势成为研究热点,如使用无花果叶提取液处理可提高平菇^[8]、无花果和葡萄^[9]的贮藏品质,其保鲜效果与无花果叶中富含较高的抗氧化活性成分有关^[10-11],加之,新疆无花果具有“水果皇后”的美名,以喀什地区种植最多,研究无花果叶作为保鲜剂,具有非常高的经济性和可操作性;同时,植酸处理可延长鲜切哈密瓜^[12]、黄岩蜜桔^[13]、辣椒^[14]、黄秋葵^[15]和鲜切生菜^[16]的贮藏期,维持果蔬鲜食品质,但应用在青皮核桃采后保鲜方面的研究未见报道。可见,植酸和无花果叶作为植物源活性成分保鲜剂作用在果蔬采后保鲜方面均有显著效果,但对比无花果叶和植酸处理对青皮核桃保鲜效果的研究,鲜有报道。

丁真真等^[17]前期比较了青皮核桃新丰、温 185 和新 2 品种的耐贮性,发现新丰核桃耐贮性较高,在此基础上,为进一步提高青皮核桃采后贮藏性,本研究以青皮核桃新丰为实验材料,结合自发气调包装方式,比较植酸和无花果叶提取液对青皮核桃贮藏期品质的影响,以期开发新型绿色、天然保鲜剂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

青皮核桃新丰(*J regia* 'Xinfeng'),单果重(70±5)g,纵径、横径和侧径为 5.5 cm×4.0 cm×3.7 cm,果形为长圆形,果顶渐尖,三径最大,核桃壳缝合线稍宽、凸起且紧密,表

面粗糙,核桃壳最硬、厚。青皮核桃新丰、无花果鲜叶,均采摘于喀什市荒地乡五村,采摘时间为 2021 年 9 月 5 日,运送到实验室于 4℃冷库内预冷 48 h。

包装材料为尼龙+聚乙烯(polyamide+polyethylene, PA+PE)材质薄膜,厚度为 0.24 μm,食品级,长宽为 20 cm×30 cm(沧州华良包装有限公司)。

丙酮、石油醚、无水乙醇、磷酸、G-250 考马斯亮蓝、碳酸钠、亚硝酸、硝酸铝、氢氧化钠、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、三氯乙酸(分析纯,天津市北联精细化学品开发有限公司);芦丁、没食子酸(纯度 99%,上海麦克林科技有限公司);牛血清蛋白(纯度 99%,上海蓝季生物科技有限公司);丙二醛标准溶液、福林酚(纯度 99%,上海源叶生物科技有限公司);植酸(食品级,郑州卓研生物科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

KQ5200DE 数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);5810R 离心机[德国艾本德·艾本德(上海)国际贸易有限公司];HH-S6 数显恒温水浴锅(江苏金怡仪器科技有限公司);NR60CP 色差仪(深圳市三恩驰科技有限公司);AIRSENSE-PEN3 电子鼻(北京盈盛恒泰科技有限责任公司);752 紫外可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司);LE204E 电子天平(精度 0.0001 g,上海梅特勒-托利多有限公司);DHG-9053A 电热恒温鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司);FHT-15 水果硬度仪(上海浦予工业科技有限公司);4℃冷库(喀什大学食品工程训练中心);55 cm 小型摄影棚拍照灯箱(升辉摄影器材有限公司);YF-111B 小型粉碎机(瑞安市永历制药机械有限公司);DF-101S 智能磁力加热搅拌器(巩义市予华仪器有限责任公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 青皮核桃保鲜实验处理

青皮核桃洗去表面污泥、杂质等,拭干表面水渍,备用。

无花果叶提取液处理:将新鲜无花果叶用蒸馏水洗净、拭干水分,蒸馏水为试剂,以 1:10 ($m:V$)料液比打浆,在 120 W、40℃超声下处理 30 min,于 8000 r/min 离心 5 min,得到澄清无花果叶提取液,以料液比 1:10 ($m:V$)将青皮核

桃浸没在无花果叶提取液中 20 min。

植酸溶液处理: 用蒸馏水将 50% 浓度稀释成 0.05% 溶液, 以料液比 1:10 ($m:V$) 将青皮核桃浸没在溶液中浸泡 20 min。

对照组(CK): 用蒸馏水作为溶剂, 以料液比 1:10 ($m:V$) 将青皮核桃浸没 20 min。将不同保鲜剂处理的青皮核桃取出, 并拭干表面水渍, 采用 PA + PE 材质薄膜进行自发 MPA, 密封, 放置 4°C 冷库内贮存, 每隔 15 d 进行取样, 贮藏周期 60 d。每个处理 5 袋, 每袋(500±10) g。

1.3.2 指标的测定方法

(1) 青皮核桃失重率的测定

青皮核桃贮藏期失重率计算如式(1)所示^[18]:

$$WL/\% = \frac{W_0 - W_s}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

式中, W_0 为青皮核桃贮藏前初始质量, g;

W_s 为贮藏各阶段的青皮核桃质量, g。

(2) 青皮核桃果皮 a^* 的测定

参考廖珺等^[19]的方法, 使用手持色差仪, 分别用白板、黑板校准, 选取试样测定模式, 每次在同一高度下测定青皮核桃果皮中间位置, 每批样品测 5 个点, 以 a^* 平均值来表征青皮核桃颜色变化。

(3) 青皮核桃果皮叶绿素含量的测定

用粉碎机将核桃青皮粉碎, 粉碎时间为 2 min, 称取粉碎核桃青皮 1 g 于 50 mL 烧杯中, 加入 20 mL、80% 丙酮溶液, 保鲜膜封口, 室温下搅拌 20 min, 以 80% 丙酮为空白对照溶液, 在波长 645、663 nm 下测定吸光度值, 按照公式(2)计算叶绿素含量, 重复 3 次^[20]:

$$\text{叶绿素含量}/(\text{mg}/100 \text{ g}) = \frac{(20.20 \times A_{645} + 8.02 \times A_{663})}{m} \times V \times 100 \quad (2)$$

式中, V 为提取液体积, mL; m 为样品质量, g; A_{645} 和 A_{663} : 分别为在波长下 645 和 663 nm 下的吸光度值。

(4) 核桃仁褐变度的测定

用粉碎机将核桃仁粉碎, 粉碎时间为 2 min, 称取粉碎核桃仁 1 g 于 50 mL 烧杯中, 加入 20 mL 磷酸缓冲溶液 (pH 6.8), 室温下搅拌 15 min, 于 8000 r/min 离心 3 min, 取上清液, 在波长 450 nm 下测定吸光度值, 重复 3 次, 以 A 值表征贮藏期核桃仁的褐变程度^[21]。

(5) 青皮核桃贮藏期果皮照片

在拍照灯箱内选用黑色底板, 在同一高度对不同贮藏期青皮核桃作拍照处理。

(6) 核桃仁丙二醛含量的测定

用粉碎机将核桃仁粉碎, 粉碎时间为 2 min, 称取粉碎核桃仁 2 g, 根据硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量, 重复 3 次^[22]。

(7) 核桃仁可溶性蛋白含量的测定

采用考马斯亮蓝染色法, 重复 3 次^[23]。

可溶性蛋白的标准曲线方程为: $Y=0.044X-0.0256$,

$r^2=0.9945$ (Y 为相对应的吸光度值; X 为 595 nm 下可溶性蛋白含量, μg)。

用粉碎机将核桃仁粉碎, 粉碎时间为 2 min, 称取粉碎核桃仁 0.1 g, 加入 5 mL 蒸馏水, 室温下搅拌 20 min, 于 8000 r/min 离心 5 min, 取上清液, 同标准曲线绘制方法测定 A 值, 按照公式(3)计算可溶性蛋白含量, 重复 3 次:

$$\text{可溶性蛋白含量}/(\text{mg}/\text{g}) = \frac{m_1 \times V}{V_s \times m_2 \times 1000} \quad (3)$$

式中, m_1 为吸光度值对应标准曲线的蛋白质含量, μg ; V 为提取液总体积, mL; V_s 为吸取提取液体积, mL; m_2 为样品质量, g。

(8) 核桃仁酸价的测定

依据 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》第一法冷溶剂指示剂滴定法测定, 将核桃仁根据植物油料试样的制备方法, 得到待测试样, 备用。取 2.5 g 待测试样, 加入乙醚-异丙醇 50 mL 和 3 滴酚酞指示剂, 用 0.1 mol/L 的 NaOH 滴定至溶液微红色, 且 15 s 不变色为终点, 记录消耗 NaOH 滴定液体积 (mL), 记为 V 。空白试验测定方法同试样, 记录消耗 NaOH 滴定液体积 (mL), 记为 V_0 。重复 3 次:

$$X_{AV} = \frac{(V - V_0) \times c \times 56.1}{m} \quad (4)$$

式中, X_{AV} 为酸价, mg/g; V 为试样消耗 NaOH 滴定液体积, mL; V_0 为空白消耗 NaOH 滴定液体积, mL; c 为 NaOH 摩尔浓度, mol/L; m 为油脂样品的称样量, g。

1.4 数据处理

采用 Origin 2021 软件和 DPS 8.5 的数据处理系统对数据处理分析, 用 Duncan 新复极差法进行显著性分析, 其中 $P < 0.05$ 表示数据之间具有显著差异。

2 结果与分析

2.1 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃失重率的影响

果蔬含水量与果蔬品质有密切联系, 是评价保鲜剂保鲜效果的最直观指标^[24]。由图 1 可知, 青皮核桃失重率随贮藏时间延长呈上升趋势, 且保鲜剂处理显著低于同期 CK ($P < 0.05$) 处理, 随着贮藏时间到 30 d 时, 两种保鲜剂处理对青皮核桃失重率的影响无显著性差异 ($P > 0.05$), 之后随贮藏时间延长, 无花果叶提取液处理的失重率上升趋势小于植酸; 贮藏到 60 d 时, 无花果叶提取液处理青皮核桃的失重率为 8.51%, 显著低于植酸 ($P < 0.05$), 与 CK 相比失重率下降了 72.22%, 可能与无花果叶提取液在青皮核桃表面形成了良好屏障有关, 抑制了水分蒸发。综合分析, 无花果叶提取液处理延缓了青皮核桃失重率的下降, 研究结果与张合亮^[9]的一致。

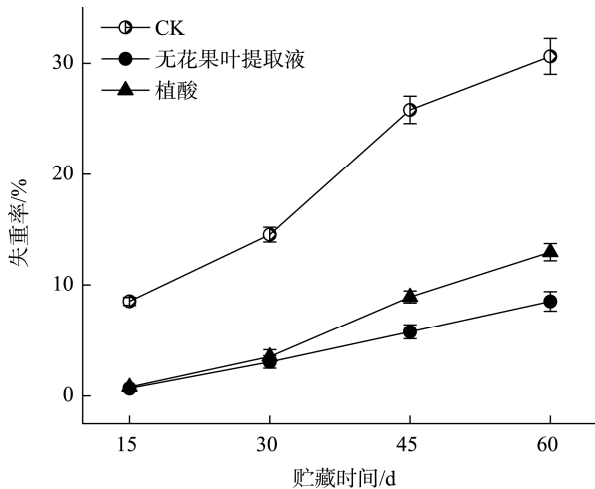


图 1 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃失重率的影响 ($n=3$)

Fig.1 Effects of preservative on weight loss rates of green walnut during refrigeration at 4°C ($n=3$)

2.2 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮 a^* 的影响

颜色是果蔬品质重要的外在特征,对颜色进行定性和定量分析,以观察果蔬质量特性的变化^[25]。如图 2 所示,两种保鲜剂处理在贮藏初期的 a^* 无显著性差异 ($P>0.05$),随贮藏时间延长青皮核桃果皮 a^* 呈上升趋势,且保鲜剂处理 a^* 的增长趋势低于同期 CK,贮藏到 15 d 时,两种保鲜剂处理对青皮核桃 a^* 的影响无显著性差异 ($P>0.05$),之后随贮藏时间延长,无花果叶提取液处理的 a^* 低于同期植酸处理;贮藏到 60 d 时,两种保鲜剂处理的 a^* 具有显著性差异 ($P<0.05$),其中,植酸处理的 a^* 为 4.65,比 CK 组 a^* 低了 82.44%,无花果叶提取液处理的 a^* 为 -1.21,比 CK 组的 a^* 低了 104.67%,可见两种保鲜剂保

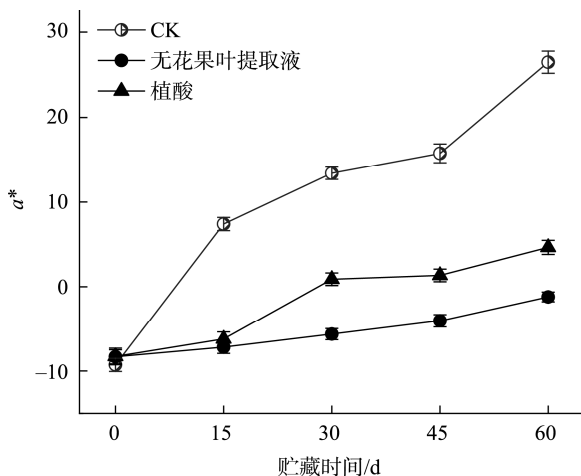


图 2 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮 a^* 的影响 ($n=5$)

Fig.2 Effects of preservative on a^* of green walnut peel during refrigeration at 4°C ($n=5$)

护了青皮核桃果皮绿色,抑制了 a^* 的增加,而且无花果叶提取液的护绿效果优于植酸,可能与无花果叶中富含没食子酸和类黄酮等活性物质有关,这些活性成分具有保护食品颜色的作用^[26]。

2.3 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮叶绿素含量的影响

叶绿素主要以叶绿素 a、b 为主,具有抗氧化、清除自由基和防止脂质过氧化的功效,易受光、氧和高温等影响,发生异构化、脱镁化和脱植基化等变化,导致果蔬制品色泽改变^[27-28]。如图 3 所示,青皮核桃果皮叶绿素含量随贮藏时间延长呈下降趋势,两种保鲜剂处理的青皮核桃果皮叶绿素含量在贮藏初期无显著性差异 ($P>0.05$),且显著高于同期的 CK 处理 ($P<0.05$),贮藏到 15 d 时,植酸和无花果叶提取液处理之间的叶绿素含量无显著性差异 ($P>0.05$);贮藏到 60 d 时,无花果叶提取液处理的叶绿素含量为 30.55 mg/100 g,比 CK 的叶绿素含量高了 265.87%,且显著高于植酸 ($P<0.05$) 处理,可见无花果叶提取液处理抑制了叶绿素降解,保护了青皮核桃果皮的绿色,可能与无花果叶中富含多酚类、黄酮类和多糖类等生物活性物质有关,因其具有较强还原性,可防止天然色素叶绿素免受氧化作用而褪色^[29-31],从而保留了青皮核桃果皮叶绿素含量。

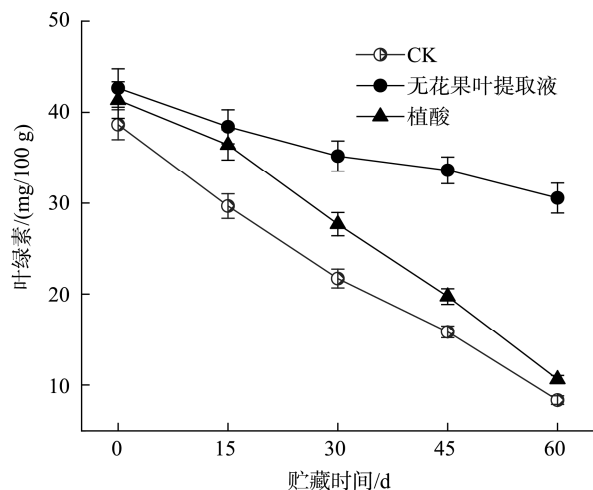


图 3 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮叶绿素含量的影响 ($n=3$)

Fig.3 Effects of preservative on chlorophyll content of green walnut peel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

2.4 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮颜色的影响

如图 4 所示,青皮核桃果皮颜色随贮藏时间延长由鲜绿色褐变成黄褐色、深褐色,其中,两种保鲜剂处理延缓了青皮核桃颜色的褐变,保留了青皮核桃绿色。贮藏到 15 d 时,两种保鲜剂处理对青皮核桃颜色的影响无明显差异,随着贮藏时间到 30 d 时,植酸处理青皮核桃的果皮发生褐变,果皮由绿色褐变成黄褐色,贮藏 60 d 时核桃仁内种皮由

乳白色褐变成较深黄褐色, 导致鲜食品质下降; 无花果叶提取液处理贮藏 60 d 时, 果皮出现少量褐变, 内种皮由乳白色转变成浅黄色, 维持了青皮核桃鲜食品质。



图 4 保鲜剂对 4°C 冷藏期间青皮核桃果皮颜色的影响($n=3$)
Fig.4 Effects of preservative on color of green walnut peel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

2.5 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁褐变度的影响

核桃仁褐变度大小是评价贮藏期青皮核桃品质的重要指标之一^[32]。如图 5 可知, 核桃仁的褐变度随贮藏时间延长呈上升趋势, 且两种保鲜剂处理核桃仁的褐变度显著低于同期的 CK ($P<0.05$), 贮藏到 15 d 时, 两种保鲜剂处理对核桃仁褐变度的影响无显著性差异 ($P>0.05$), 之后随贮藏时间延长, 植酸处理核桃仁褐变度增加幅度高于无花果叶提取液处理, 可能是青皮核桃逐渐成熟, 内种皮酚类物质不断氧化褐变, 从而导致核桃仁表面褐变程度加剧; 贮

藏到 60 d, 保鲜剂处理和 CK 组核桃仁的褐变度之间具有显著性差异 ($P<0.05$), 褐变度大小依次为 CK>植酸>无花果叶提取液, 其中, 无花果叶提取液处理核桃仁的褐变度为 0.328, 仅为 CK 的 22.62%, 可见无花果叶提取液处理能够延缓核桃仁褐变, 维持核桃仁的新鲜程度。

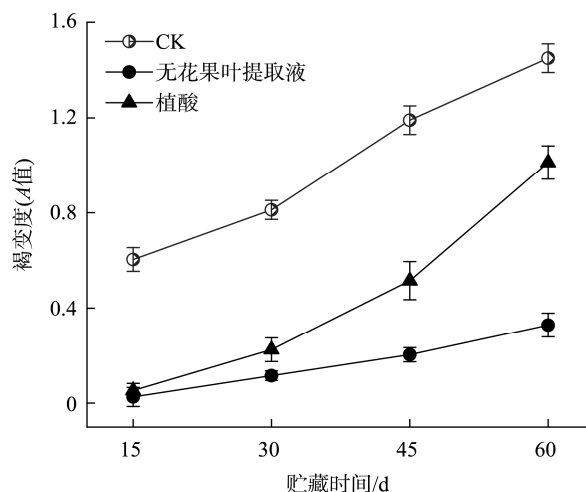


图 5 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁褐变度的影响($n=3$)
Fig.5 Effects of preservative on browning degree of walnut kernel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

2.6 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁丙二醛含量的影响

丙二醛是膜脂过氧化的主要产物, 其含量与果蔬组织衰老呈正相关^[33]。如图 6 所示, 核桃仁丙二醛含量随贮藏时间延长呈上升趋势, 且两种保鲜剂处理核桃仁丙二醛含量显著低于同期的 CK ($P<0.05$), 随贮藏时间到 30 d, 两种保鲜剂对核桃仁丙二醛含量的影响无显著性差异 ($P>0.05$), 之后随贮藏时间延长, 核桃仁丙二醛含量上升趋势加快, 可能是核桃仁处在逐渐成熟至衰老阶段, 加快了核桃仁的脂肪酸氧化分解为醛、酮类物质, 导致核桃仁丙二醛含量增加; 贮藏到 60 d 时, 无花果叶提取液处理核桃仁丙二醛含量显著低于植酸处理和 CK ($P<0.05$), 丙二醛含量为 3.84 $\mu\text{mol/g}$, 比 CK 丙二醛含量降低了 69.69%, 可见无花果叶提取液处理有效延缓了脂肪氧化酸败, 抑制核桃仁丙二醛含量的升高, 维持了核桃仁品质。

2.7 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁可溶性蛋白的影响

可溶性蛋白是评价核桃仁品质的重要指标之一, 含量越高说明核桃仁品质越好^[34]。如图 7 所示, CK 的可溶性蛋白含量随贮藏时间延长呈下降趋势, 可能与核桃仁正逐渐处在衰老过程, 加之青皮核桃发生失水和皱缩变化, 核桃仁内种皮褐变严重, 不断消耗体内蛋白质以抵御外界环境改变, 导致可溶性蛋白含量下降, 研究结果与潘莉等^[34]一致; 两种保鲜剂对核桃仁可溶性蛋白含量的影响呈先上升后下降趋势, 贮藏到 15 d 时高于贮藏初值, 可能是贮藏初期核

桃仁生理代谢活跃,造成可溶性蛋白含量增加,之后可溶性蛋白含量随贮藏时间延长而下降,贮藏到 30 d 时两种保鲜剂对核桃仁可溶性蛋白含量的影响无显著性差异 ($P>0.05$)。贮藏到 60 d,无花果叶提取液处理可溶性蛋白含量显著高于植酸和 CK ($P<0.05$),其可溶性蛋白含量为 11.38 mg/g,比 CK 和植酸处理可溶性蛋白含量依次提高了 122.27% 和 38.11%,可见无花果叶提取液处理有效保留了核桃仁的可溶性蛋白含量。

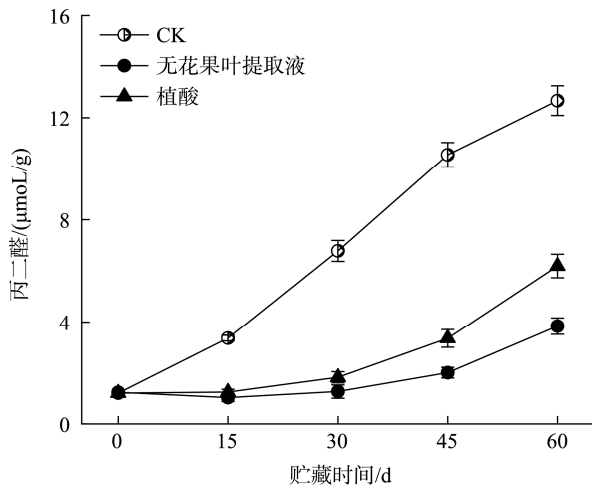


图 6 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁丙二醛含量的影响 ($n=3$)
Fig.6 Effects of preservative on malondialdehyde content of walnut kernel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

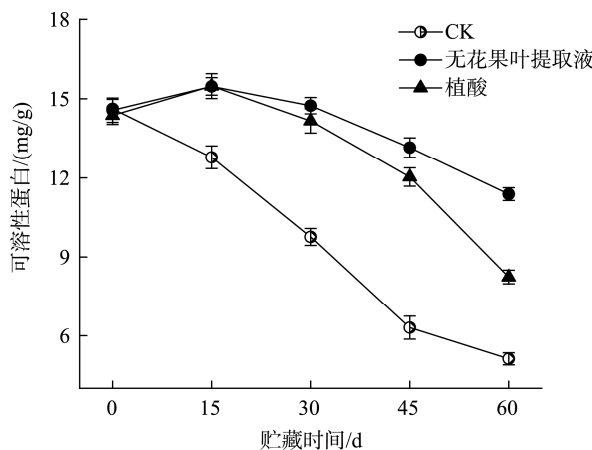


图 7 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁可溶性蛋白含量的影响 ($n=3$)
Fig.7 Effects of preservative on soluble protein content of walnut kernel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

2.8 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁酸价的影响

酸价是衡量油脂质量的重要指标之一,其含量大小表示油脂的新鲜度程度^[35]。如图 8 所示,两种保鲜剂处理的核桃仁酸价随贮藏时间延长呈上升趋势,且保鲜剂处理显著低于同期 CK ($P<0.05$),贮藏到 15 d 时,两种保鲜剂对核桃仁酸价的影响具有显著性差异 ($P<0.05$),贮藏到 30 d

时,两种保鲜剂对核桃仁酸价的影响无显著性差异 ($P>0.05$),随贮藏时间延长,植酸处理核桃仁酸价上升趋势显著高于无花果叶提取液处理;贮藏到 60 d 时,无花果叶提取液处理核桃仁酸价显著低于植酸和 CK ($P<0.05$),其核桃仁酸价含量为 3.52 mg/g,比 CK 酸价降低了 38.89%,依据 GB 2716—2005《食用植物油卫生标准》中植物原油要求酸价不大于 4 mg/g,符合国家标准要求限制范围内,核桃仁酸价升高可能是核桃仁品质不断下降导致油脂氧化酸败,造成了核桃仁酸价的累积。综上,无花果叶提取液处理能够抑制核桃仁酸价的升高,延缓核桃仁的氧化酸败。

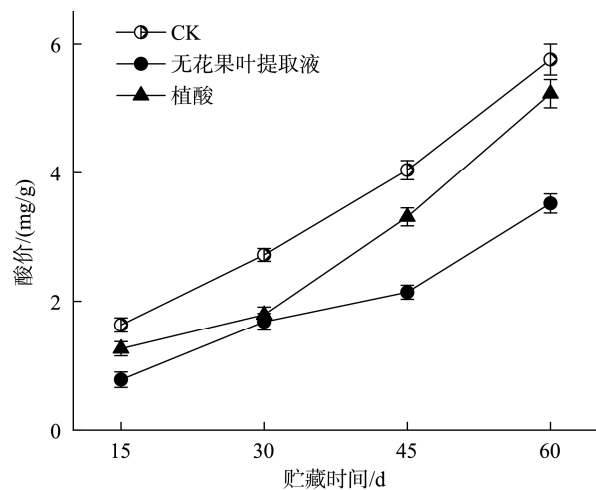


图 8 保鲜剂对 4°C 冷藏期间核桃仁酸价的影响 ($n=3$)
Fig.8 Effects of preservative on acid value of walnut kernel during refrigeration at 4°C ($n=3$)

3 结论

采用两种天然保鲜剂处理能有效延缓青皮核桃果皮 a^* 的上升,保留核桃青皮的绿色,延缓核桃仁颜色的褐变,在整个贮藏期中均保持了高于对照组(CK)的可溶性蛋白含量和叶绿素含量,以无花果叶提取液处理的保鲜作用更强。无花果叶提取液处理较植酸处理更加有效延缓脂肪氧化酸败,抑制核桃仁丙二醛含量升高,使贮藏时间延长到 60 d 仍保持酸价低于国家标准要求限制范围,延长了青皮核桃的贮藏期。总的来说,两种天然保鲜剂处理均提高了青皮核桃鲜食品质,且无花果叶提取液的保鲜效果更佳,只是其保鲜机制途径尚未清楚,有待后续进一步研究,未来可针对贮藏期青皮核桃风味品质变化进行相关研究,以进一步综合评价保鲜剂对青皮核桃的保鲜效果。

参考文献

- [1] MARTÍNEZ ML, LABUCKAS DO, LAMARQUE AL, *et al.* Walnut (*Juglans regia* L.): Genetic resources, chemistry, by-products [J]. J Sci

- Food Agric, 2010, 90(12): 1959–1967.
- [2] 陈柏, 顾敏华, 吴小华, 等. 冻藏环境下不同品种去青皮核桃品质变化的研究[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(11): 9–15.
CHEN B, JIE MH, WU XH, *et al.* Study on the quality change of different varieties of fresh walnut without green peel under frozen storage environment [J]. Storage Process, 2021, 21(11): 9–15.
- [3] UĞURLU S, OKUMUŞ E, BAKKALBAŞI E. Reduction of bitterness in green walnuts by conventional and ultrasound-assisted maceration [J]. Ultrason Sonochem, 2020, 66: 105094.
- [4] 布妈热娅木·艾山, 潘俨, 徐斌, 等. 采收成熟度对青皮核桃鲜贮效果的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(20): 273–278.
BUMAREYAMU AIS, PAN Y, XU B, *et al.* Effect of harvest maturity on fresh storage of green walnut [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(20): 273–278.
- [5] 李盼. 气调及保鲜剂处理对湿鲜核桃品质影响与生理机制研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
LI P. Effects of air conditioning and preservative treatment on quality and physiological mechanism of wet fresh walnut [D]. Yangling: Northwest Agricultural and Forestry University, 2018.
- [6] KONG Q, WU A, QI W, *et al.* Effects of electron-beam irradiation on blueberries inoculated with *Escherichia coli* and their nutritional quality and shelf life [J]. Postharvest Biol Technol, 2014, 95: 28–35.
- [7] MA YP, LU XG, LIU XH, *et al.* Effect of ⁶⁰Co γ -irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage [J]. Postharvest Biol Technol, 2013, 84: 36–42.
- [8] 樊铭聪, 张鑫, 李文香, 等. 无花果叶提取物对平菇保鲜效果的研究[J]. 包装与食品机械, 2015, 33(1): 17–22.
FAN MC, ZHANG X, LI WX, *et al.* Study on preservation effect of FIG leaf extract on *Pleurotus edodes* [J]. Packag Food Mach, 2015, 33(1): 17–22.
- [9] 张合亮. 无花果叶提取物的制备及其抑菌效果研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015.
ZHANG HL. Study on preparation and antibacterial effect of FIG leaf extract [D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2015.
- [10] 路蕴, 邹晓川. 无花果叶多糖提取及抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(7): 81–87.
LU Y, ZOU XC. Study on extraction and antioxidant activity of polysaccharide from FIG leaves [J]. Chin Food Addit, 2021, 32(7): 81–87.
- [11] 赵默涵. 无花果叶中有效成分的提取、纯化及抗氧化性研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2018.
ZHAO MH. Study on extraction, purification and antioxidant activity of active components from FIG leaves [D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2018.
- [12] 王艳, 汤卫东, 张亮. 壳聚糖+植酸复合涂膜对鲜切哈密瓜保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(4): 48–53.
WANG Y, TANG WD, ZHANG L. Effect of chitosan+phytic acid composite coating on fresh-cut cantaloupe preservation [J]. Food Sci Technol, 2022, 47(4): 48–53.
- [13] 陈超, 庞林江. 壳聚糖-植酸复合涂膜对黄岩蜜橘保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 36–43.
CHEN C, PANG LJ. Effect of chitosan-phytic acid composite coating on preservation of Huangyan satsuma [J]. Packag Eng, 2020, 41(9): 36–43.
- [14] 任邦来, 杨晓花. 植酸对辣椒保鲜效果的研究[J]. 中国食物与营养, 2014, 20(5): 61–63.
REN BL, YANG XH. Effects of phytic acid on preservation of pepper [J]. China Food Nutr, 2014, 20(5): 61–63.
- [15] 何国菊, 胡吉刚, 何艳, 等. 植酸魔芋葡甘聚糖混合涂膜液对黄秋葵保鲜探究[J]. 食品工业, 2021, 42(7): 158–162.
HE GJ, HU JG, HE Y, *et al.* Study on the preservation of okra by mixed coating solution of phytic konjac glucomannan [J]. Food Ind, 2021, 42(7): 158–162.
- [16] 孟祥慧, 马鑫敏, 谷恒梅, 等. 超声-次氯酸钠-植酸联合处理提高鲜切生菜的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2021, 42(19): 336–341.
MENG XH, MA XM, GU HM, *et al.* Ultrasound-sodium hypochlorite and phytic acid combined treatment to improve fresh-cut lettuce preservation effect [J]. Sci Technol Food Ind, 2021, 42(19): 336–341.
- [17] 丁真真, 张甜, 刘艳全, 等. 无花果叶提取物对不同品种青皮核桃保鲜效果的影响[J/OL]. 食品工业科技: 1-8. [2022-12-07]. <https://10.13386/j.issn1002-0306.2022070253>
DING ZZ, ZHANG T, LIU YQ, *et al.* Effects of FIG leaf extract on preservation effect of different varieties of walnut [J/OL]. Sci Technol Food Ind: 1-8. [2022-12-07]. <https://10.13386/j.issn1002-0306.2022070253>
- [18] 刘登勇, 屈文娜. 宰后成熟程度对扒鸡嫩度和保水性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(17): 105–110.
LIU DY, QU WN. Effects of post-slaughter maturity on tenderness and water retention of braized chicken [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(17): 105–110.
- [19] 廖珺, 王辉军, 苏有健, 等. 绿茶面包加工工艺优化及贮藏稳定性评价[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 180–187.
LIAO J, WANG YJ, SU YJ, *et al.* Optimization of processing technology and evaluation of storage stability of green tea bread [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(7): 180–187.
- [20] 李雪瑞, 李宏, 冯艳芳, 等. 1-MCP 结合低温通过调控脆性、叶绿素降解缓解叶类蔬菜采后衰老[J]. 西北农业学报, 2022, 31(5): 586–594.
LI XR, LI H, FENG YF, *et al.* 1-MCP combined with low temperature alleviates postharvest senescence of leaf vegetables by regulating brittleness and chlorophyll degradation [J]. J Northwest Agric Sci, 2002, 31(5): 586–594.
- [21] 杨华. 砀山梨酒氧化褐变的机制及调控[D]. 无锡: 江南大学, 2021.
YANG H. Mechanism and regulation of oxidative browning of Dangshan pear wine [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021.
- [22] 冰德叶. 氮添加与凋落物覆盖对油松和华山松幼苗生长的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.
BING DY. Effects of nitrogen addition and litter cover on seedling growth of *Pinus tabulaeformis* and *Pinus Huashan* [D]. Yangling: Northwest Agricultural and Forestry University, 2021.
- [23] 刘明, 顾莹, 唐婷, 等. 不同类型的凝固剂对豆腐中蛋白质消化特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(5): 206–212.

- LIU M, GU X, TANG T, *et al.* Effects of different types of coagulants on digestion characteristics of protein in Tofu [J]. *Food Ferment Ind*, 2022, 48(5): 206–212.
- [24] 徐华. 气调贮藏对生核桃仁及其加工品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- XU H. Effects of air-conditioned storage on quality of raw walnut kernel and processed products [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.
- [25] 贺钧彬, 王灵昭, 钱亮亮, 等. 条斑紫菜颜色变化的影响因素研究[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(23): 81–85.
- HE JB, WANG LZ, QIAN LL, *et al.* Study on influencing factors of color change of *Porphyra* [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(23): 81–85.
- [26] BEY MB, MEZIANI L, BENCHIKH Y, *et al.* Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*Ficus carica* L., var. Azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity [J]. *Food Chem*, 2014, 162(1): 277–282.
- [27] 金子涵, 李韵唱, 陈丽君, 等. 明胶/果胶复合凝沉制备叶绿素微胶囊及其性质研究[J/OL]. *食品与发酵工业*: 1-10. [2022-05-21]. <https://10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030463>
- JIN ZH, LI YC, CHEN LJ, *et al.* Preparation and characterization of chlorophyll microcapsules by gelatine/pectin coagulation [J/OL]. *Food Ferment Ind*: 1-10. [2022-05-21]. <https://10.13995/j.cnki.11-1802/ts.030463>
- [28] FLA B, JCA B, ZW C, *et al.* Dual aggregation in ground state and ground-excited state induced by high concentrations contributes to chlorophyll stability [J]. *Food Chem*, 2022, 383(30): 132447.
- [29] LACY A, O'KENNEDY R. Studies on coumarins and coumarin-related compounds to determine their therapeutic role in the treatment of cancer [J]. *Curr Pharm Design*, 2004, 10(30): 3797–3811.
- [30] ALI B, MUJEED M, AERI V, *et al.* Anti-inflammatory and antioxidant activity of *Ficus carica* Linn. leaves [J]. *Nat Prod Res*, 2012, 26(5): 460–465.
- [31] YU M, WANG B, QI Z, *et al.* Response surface method was used to optimize the ultrasonic assisted extraction of flavonoids from *Crinum asiaticum* [J]. *J Saud Biol Sci*, 2019, 26(8): 2079–2084.
- [32] BHAT R, GOH KM. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice [J]. *Food Chem*, 2017, 215(15): 470–476.
- [33] ZAMOCKY M, FURTMULLER PG, OBINGER C. Evolution of catalases from bacteria to humans [J]. *Antioxid Redox Sign*, 2008, 10(9): 1527–1548.
- [34] 潘莉, 李勇鹏, 宁德鲁, 等. 不同保鲜方法对核桃青皮感官及核桃仁可溶性蛋白含量的影响[J]. *中国油脂*, 2021, 46(9): 103–107.
- PAN L, LI YP, NING DL, *et al.* Effects of different preservation methods on sensory and soluble protein content of walnut peel [J]. *China Oils Fats*, 2021, 46(9): 103–107.
- [35] 钟宏星, 张晶, 陆剑华, 等. 3 种油脂酸价测定方法的比较[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(10): 3197–3201.
- ZHONG HX, ZHANG J, LU JH, *et al.* Comparison of three methods for determination of oleic acid valence [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(10): 3197–3201.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



丁真真, 硕士, 讲师, 主要研究方向为农产品加工与贮藏保鲜。
E-mail: 2234366613@qq.com



张超, 博士, 研究员 主要研究方向为果蔬深加工。
E-mail: zhangchao_3@163.com