

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]. 食品工业科技, 2023, 44(11): 343-349. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070253

DING Zhenzhen, ZHANG Tian, LIU Yanquan, et al. Effect of Fig Leaf Extract on Preservation Effect of Different Varieties of Green Walnut[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(11): 343-349. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070253

· 贮运保鲜 ·

无花果叶提取物对不同品种青皮核桃 保鲜效果的影响

丁真真¹, 张甜¹, 刘艳全¹, 刘飞¹, 夏娜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, 新疆喀什 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:以温 185、新丰和新 2 青皮核桃为实验材料, 探究无花果叶提取物对青皮核桃的保鲜效果, 将不同品种青皮核桃在 4 ℃ 下贮藏 60 d, 探究无花果叶提取物对贮藏期青皮核桃的颜色、失重率、硬度以及核桃仁的酸价、可溶性蛋白等评价指标的影响。结果表明: 无花果叶提取物显著提高了青皮核桃的保鲜效果, 以青皮核桃果皮颜色和形状可知, 新丰核桃贮藏到 60 d 时果皮绿色保留较好, 新 2 核桃仅贮藏到 15 d 和温 185 核桃可贮藏到 45 d 的果皮颜色保留较好; 贮藏到 60 d 时, 新丰核桃青皮的 a^* 值为 -1.21, 而新丰-CK 的 a^* 值为 23.87, 青皮核桃新丰、温 185 和新 2 相比对照组的失重率依次降低了 85.28%、80.39% 和 79.41%, 可见无花果叶提取物处理延缓了青皮核桃水分蒸发的速度, 保持了青皮核桃的水分含量, 其中, 新丰核桃仁丙二醛含量最低, 其含量为 5.84 $\mu\text{mol/g}$, 比新丰-CK 降低了 53.91%, 无花果叶提取物处理显著延缓了核桃仁丙二醛的积累, 新丰核桃仁可溶性蛋白含量最高为 11.38 mg/g, 且比新丰-CK 高了 55.01%, 可见无花果叶提取物处理保留了青皮核桃鲜食品质, 延缓核桃仁脂类的过氧化, 提高了青皮核桃的保鲜效果; 本研究可为青皮核桃采收后保鲜技术研究提供理论依据。

关键词: 青皮核桃, 品种, 无花果叶提取物, 采收保鲜技术

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)11-0343-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070253



本文网刊:

Effect of Fig Leaf Extract on Preservation Effect of Different Varieties of Green Walnut

DING Zhenzhen¹, ZHANG Tian¹, LIU Yanquan¹, LIU Fei¹, XIA Na¹, ZHANG Chao^{2*}

(1.College of Life and Geographical Sciences, Kashgar University, Xinjiang Key Laboratory of Biological Resources and Ecology of Pamir Plateau, Kashgar 844000, China;

2.Institute of Agricultural Product Processing and Food Nutrition, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: Taking Wen 185, Xinfeng and Xin 2 green walnut as experimental materials, the preservation effect of fig leaf extract on green walnut was studied. The storage condition of walnut was 4 ℃ for 60 days, and the effects of fig leaf extract on the color, weight loss rate, hardness, acid value and soluble protein of walnut kernel during storage were investigated. The results showed that the treatment of fig leaf extract significantly improved the preservation effect of walnut. According to the color and shape of the peel of the green walnut, it could be seen that the green peel of the Xinfeng walnut could be retained well after 60 days of storage, while the green peel of the Xin2 walnut could only be stored for 15 days and the Wen185 walnut could be stored for 45 days. After storage for 60 days, the a^* of Xinfeng walnut peel was -1.21, while that of Xinfeng-CK was 23.87. Compared with the control group, the weight loss rate of Xinfeng, Wen 185 and Xin 2 decreased

收稿日期: 2022-07-21

基金项目: 喀什大学校级科研项目 (20202733); 喀什地区科技计划项目 (KS2021012)。

作者简介: 丁真真 (1991-), 女, 硕士, 研究方向: 农产品加工与贮藏保鲜, E-mail: 2234366613@qq.com。

* 通信作者: 张超 (1978-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 果蔬深加工, E-mail: zhangchao_3@163.com。

by 85.28%, 80.39% and 79.41% respectively. It could be seen that the treatment of fig leaf extract delayed the water evaporation rate of walnut and maintained the water content of walnut. The content of malondialdehyde in Xinfeng walnut kernel was the lowest, which was 5.84 $\mu\text{mol/g}$, 53.91% lower than that in Xinfeng-CK. Fig leaf extract treatment significantly delayed the accumulation of malondialdehyde in walnut kernel. Xinfeng walnut kernel soluble protein content was the highest 11.38 mg/g, and 55.01 % higher than Xinfeng-CK, it could be seen that the extraction of fig leaves preserved the fresh quality of green walnut, delayed the peroxidation of walnut kernel fat, and improved the preservation effect of green walnut kernel. This study can provide a theoretical basis for the research of preservation technology of green walnut after harvest.

Key words: green walnuts; variety; extract of fig leaves; post-harvest preservation technology

核桃(*Juglans regia* L.)为核桃科、核桃属植物,我国核桃种植面积和产量均居世界首位,占世界总产量 48% 左右,而新疆特别是南疆地区是中国重要核桃产区之一^[1]。核桃富含蛋白质、氨基酸、矿物质及不饱和脂肪酸等营养成分,具有很高的营养价值和保健功能^[2]。青皮核桃因口感脆嫩、种皮易剥离,无苦涩口感,兼具生态和药用价值,深受消费者喜爱,也是南疆农民增收致富的重要支柱,具有较大潜在研究价值和市场前景。但因其高水分含量、酶活性较高,采后易腐烂、青皮易开裂、霉变,导致青皮核桃鲜贮期较短,造成青皮核桃资源的浪费,制约了青皮核桃产业的发展^[3]。因此,研究青皮核桃采后保鲜技术,为提升采后青皮核桃贮藏品质尤为重要。

采取适宜保鲜技术可延长青皮核桃贮藏品质,研究表明,对“辽宁 1 号”青皮核桃采用 1-MCP 与 NaHSO_3 结合 PE 袋处理,降低了核仁褐变率、青皮褐变率以及青皮腐烂率,抑制了丙二醛(MDA)含量的增加^[4];对“西扶 2 号”青皮核桃选用 1-MCP、 ClO_2 进行保鲜研究,有效延长青皮核桃保鲜期至 18 d^[5];采用自发气调包装(MAP)也是核桃保鲜的有效途径^[6-8];上述方法虽获得较好保鲜效果,但属于化学保鲜方法,成本高。近年来,开发植物源活性成分保鲜剂已成为果蔬采后保鲜领域的热点;对无花果叶提取物鉴定出绿原酸、芦丁、补骨脂素、槲皮素等活性成分,具有抗菌、抗氧化等作用^[9-11];无花果叶提取物对平菇保鲜研究,抑制了平菇呼吸强度和 MDA 的升高,提高平菇的贮藏品质^[12];5% 无花果叶醇提取液提高了无花果鲜贮品质^[13]。但是,将无花果叶提取物应用到青皮核桃保鲜的研究未见报道。

以喀什地区主栽培青皮核桃品种新丰、温 185 和新 2 为试验材料,探讨无花果叶提取物结合自发气调方式对青核桃的保鲜作用,以期为适合鲜贮品种筛选及品种选育提供理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

三个青皮核桃品种、新鲜的无花果叶 均采摘于喀什市荒地乡五村的果园,采摘时间为 2021 年 9 月 5 日,运送到实验室于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冷库内预冷 48 h;新丰(*J. regia*, 'Xinfeng') 纵径、横径、侧径为 5.5 cm \times 4.0 cm \times 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;新 2(*J. regia*, 'Xinxin2') 纵径、横径、侧径为 4.4 cm \times 3.3 cm \times 3.6 cm,果形为长圆形,三径最小,核桃壳的缝合线紧密,表面光滑,核桃壳硬度中等;温 185(*J. regia*, 'Wen185') 纵径、横径、侧径为 4.7 cm \times 3.7 cm \times 3.7 cm 果形为长圆形,果顶渐尖,三径中等,核桃壳的缝合线稍宽、凸起且较紧密,表面粗糙,核桃壳较薄;新鲜的无花果叶 采摘黄皮无花果的果叶,叶面完整、翠绿,无褐变、无损伤,去除叶梗,洗净叶面泥土,晾干备用;包装材料:PA+PE 材质,厚度为 0.24 μm (食品级),长宽为 20 cm \times 30 cm 沧州华良包装有限公司,采用自发气调包装;植酸(食品级) 郑州卓研生物科技有限公司;丙酮、石油醚、无水乙醇、磷酸、考马斯亮蓝 G-250、碳酸钠、亚硝酸、硝酸铝、次氯酸、氢氧化钠、次氯酸、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、三氯乙酸 均为分析级,天津市北联精细化学品开发有限公司;芦丁、没食子酸 均为标准品,上海麦克林科技有限公司;牛血清蛋白 标准品,上海蓝季生物科技有限公司;丙二醛 标准品,北京中科仪友化工技术研究院。

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 梅特勒-托利多(上海)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;DHG-9053A 电热恒温鼓风干燥箱 上海齐欣科学仪器有限公司;P-290 干湿多用保鲜机 益健包装机械有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 无花果叶提取物的制备 参考樊铭聪等^[12]的方法,略有改动。将新鲜无花果叶用蒸馏水洗净、拭干水分,剪成碎片,蒸馏水为溶剂,以料液比 1:10(w/v) 进行打浆,置于 120 W、40 $^{\circ}\text{C}$ 条件下超声处理 30 min,于 8000 r/min 离心 5 min,得到澄清的无花果叶提取物,备用。

1.2.2 青皮核桃分组及处理 三个青皮核桃实验组编码为新丰、温 185 和新 2,先用蒸馏水洗去青皮核桃表面污泥、杂质,用 0.005% 次氯酸溶液进行浸泡,再用蒸馏水反复漂洗,拭干表面水渍,备用。将青皮

核桃以 1:10(w/v) 的料液比浸泡在无花果叶提取物中, 室温下浸泡 20 min, 取出并晾干表面水渍, 每个品种青皮核桃处理 5 袋, 每袋 500 ± 25 g, 放置 4 ℃ 冷库内, 每隔 15 d 取样, 贮藏周期为 60 d, 测定相关指标。

对照组编码为新丰-CK、温 185-CK 和新 2-CK, 对照组青皮核桃用蒸馏水浸泡 20 min, 其他处理同样品处理。

1.2.3 指标的测定

1.2.3.1 核桃果皮颜色的测定 采用手持的 NR60CP 色差仪, 参考廖珺等^[14]的方法, 测定青皮核桃绿色果皮的中间位置, 重复三次, 取平均值, 以 a^* 变化来表征贮藏期青皮核桃颜色的改变程度。 a^* 为负值, 表示绿色, L^* 为正值, 表示亮度。

1.2.3.2 青皮核桃失重率的测定 采用称重法, 参考张博云等^[15]的方法, 失重率(%)=(贮藏前青皮核桃质量-贮藏后青皮核桃质量)/贮藏前青皮核桃质量 \times 100。

1.2.3.3 核桃仁褐变度的测定 参考杨华^[16]的方法, 取核桃仁进行打浆处理, 取 0.5 g 加入 20 mL 的 pH6.8 的磷酸盐缓冲溶液, 放置到 8000 r/min 下离心 3 min, 在波长 420 nm 下测定吸光度值 A_{420} , 以蒸馏水为空白对照, 以 A_{420} 处的吸光度值为褐变度, 重复三次。

1.2.3.4 核桃仁丙二醛含量的测定 参考 Yang 等^[17]方法, 将核桃仁粉碎后称取 2 g, 加入含有 0.5% 硫代巴比妥酸的 5% 的三氯乙酸溶液 5 mL, 沸水浴 10 min, 冷却后在 8000 r/min 下离心 3 min, 取上清液在波长 450、532、600 nm 下测定吸光度值, 以蒸馏水为空白对照。

$C_{MDA}(\mu\text{mol/g})=(6.45 \times (A_{532}-A_{600})-0.56 \times A_{450}) \times$
提取液体积(mL)/核仁质量(g) \times 1000

1.2.3.5 核桃仁酸价的测定 依据 GB/T 5009.229-2016《食品安全国家标准食品中酸价的测定》进行测定, 重复三次。

1.2.3.6 核桃仁可溶性蛋白含量的测定 参考董思远等^[18]的方法, 标准曲线的绘制, 取 0、0.04、0.08、0.12、0.16、0.20 mL 的 0.05 mg/mL 的牛血清蛋白溶液, 用蒸馏水补齐至 1 mL, 分别加入 5 mL 的考马斯亮蓝试剂, 充分混合, 避光下反应 3 min, 在波长 595 nm 下测定吸光度值, 以加入 0 mL 的为空白对照, 重复三次, 绘制可溶性蛋白的标准曲线: $y=0.044x-0.0256$, $R^2=0.9945$ 。

取粉碎后的核仁 0.5 g 加入 5 mL 的考马斯亮蓝试剂, 摇匀混合, 于 8000 r/min 下离心 3 min, 取上清液于 595 nm 测定吸光度值, 依据标准曲线, 计算核仁可溶性蛋白含量。

1.3 数据处理

采用 Origin 2021 软件和 DPS 数据处理系统对

数据处理分析, 用 Duncan 新复极差法对数据进行显著性分析, 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 无花果叶提取物对青皮核桃果皮颜色的影响

核桃青皮富含叶绿素, 而叶绿素易受光、热等影响发生降解, 是导致绿色果蔬制品色泽劣变的主要原因^[19]。青皮核桃果皮在贮藏初期为绿色, 随贮藏时间延长, 果皮逐渐褐变成黄色、黄褐色, 最后变为黑色, 如图 1 所示, a^* 值随贮藏时间延长呈上升趋势, 且在 0 d 时差异并不明显, 贮藏至 15 d 之后, 各处理 a^* 值迅速增大, 在同一贮藏时间下, 处理组 a^* 值增大的速度小于对照组, 对照组青皮核桃表面出现严重的皱缩、褐变, 且失水严重, 无花果叶提取物处理不同品种青皮核桃果皮颜色存在差异, 其中, 新 2 青皮核桃果皮贮藏到 30 d 出现明显褐变, 温 185 贮藏到 60 d 时, 果皮颜色褐变加剧, 而新丰核桃果皮的色只有少部分褐变; 贮藏到 60 d, 处理组与对照组的 a^* 值存在显著性差异($P < 0.05$), 且贮藏周期内各处理组之间具有显著性差异($P < 0.05$), 处理组果皮颜色的 a^* 值大小依次为新 2 > 温 185 > 新丰, 青皮核桃新 2、温 185 和新丰果皮的 a^* 值依次比对照组低了 83.16%、91.78% 和 95.18%, 可知无花果叶提取物处理有效抑制果皮颜色 a^* 值的增加, 延缓青皮核桃果皮颜色褐变, 能较

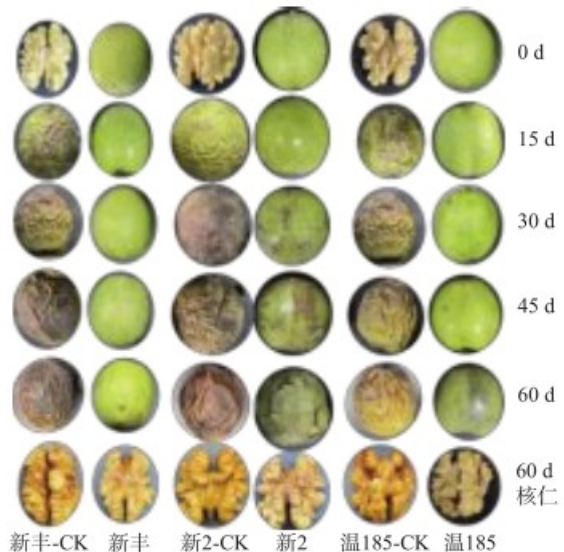
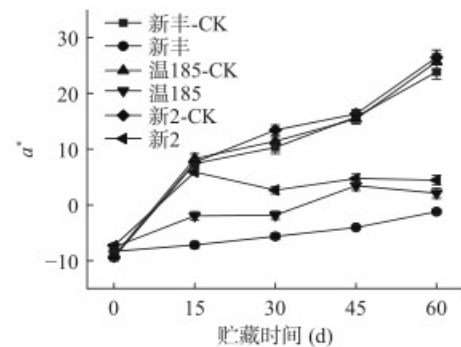


图 1 贮藏期不同品种青皮核桃颜色变化

Fig.1 Color changes of different varieties of green walnut during storage

好保持青皮核桃的绿色,这可能跟无花果叶中富含酚酸类(没食子酸等)和类黄酮(花青素等)^[20-21]有关,具有保留颜色,延缓微生物生长、抑制脂质氧化的作用^[22]。

2.2 无花果叶提取物对青皮核桃失重率的影响

果蔬失重率是评价采后保鲜效果最直观的指标,也是衡量保鲜剂保水效果最有效指标^[8]。如图2所示,随贮藏时间延长,青皮核桃失重率呈上升趋势,同一贮藏时间下,处理组失重率显著低于对照组($P<0.05$),随贮藏时间到30 d时,青皮核桃对照组相比处理组的失重率大幅增加;贮藏到60 d,各处理组之间存在显著性差异($P<0.05$),失重率大小依次为新2-CK>新丰-CK>温185-CK>新2>温185>新丰,新丰青皮核桃失重率为4.51%,比新丰-CK的失重率低了85.28%,而青皮核桃温185和新2相比对照的失重率依次降低了80.39%和79.41%,可见无花果叶提取物处理延缓了青皮核桃水分蒸发的速度,保持青皮核桃的水分,可能跟无花果叶提取物能够在青皮核桃表面形成良好屏障有关,以减少水分损失,保持了青皮核桃的重量。综合分析,无花果叶提取物处理能有效保持青皮核桃的水分含量。

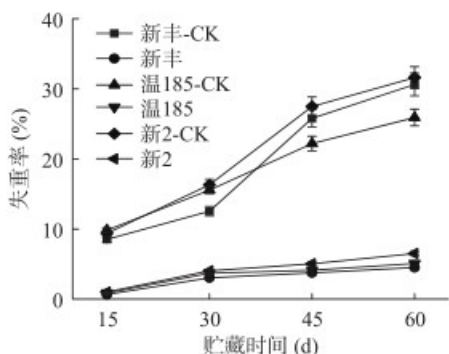


图2 贮藏期不同品种核桃青皮失重率的变化

Fig.2 Changes of weight loss rate of walnut peel of different varieties during storage

2.3 无花果叶提取物对核桃仁褐变度的影响

果蔬颜色改变程度大小决定消费者购买意愿^[23]。核桃中对人体有益的核桃多酚类物质主要集中在种皮上,而核桃90%以上的抗氧化物质集中在核桃仁内种皮中^[24-25]。如图3所示,在贮藏初期,不同品种核桃仁的褐变程度并不明显,随贮藏期延长,核桃仁的褐变程度呈上升趋势,同一贮藏时间下,对照组褐变度的上升趋势显著高于处理组($P<0.05$),贮藏到30 d时,新2核桃仁的褐变程度增幅速度显著高于温185和新丰($P<0.05$),其中,新丰核桃仁的褐变度最低,褐变度为0.115,比新丰-CK核桃仁的褐变度低了85.34%。直至贮藏到60 d,青皮核桃不同处理核桃仁的褐变程度具有显著性差异($P<0.05$),其中,新2-CK核桃仁的褐变程度最严重,新丰核桃仁的褐变程度最小,青皮核桃新2、温185和新丰核桃仁褐变程度依次比相应CK低了49.45%、42.40%和77.38%,

可见无花果叶提取物处理延缓了核桃仁的褐变,可能是无花果叶提取物在青皮核桃表面形成屏障,阻隔了氧气等影响,抑制核桃仁内种皮褐变。因此,无花果叶提取物处理延缓了核桃仁内种皮褐变,维持了核桃仁的感官品质。

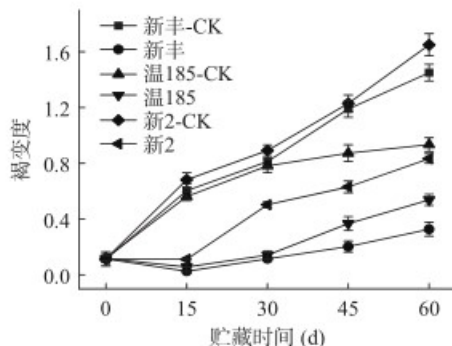


图3 贮藏期不同品种核桃仁褐变度的变化

Fig.3 Changes of browning degree of walnut kernel of different varieties during storage

2.4 无花果叶提取物对核桃仁丙二醛的影响

丙二醛(MDA)是脂质氧化产生的活性醛,含量高说明果实内部活性氧不断累积,引发膜质过氧化程度加剧,致使蛋白质、核酸及卵磷脂发生交联并丧失活性^[26]。如图4所示,随贮藏时间延长,核桃仁丙二醛含量呈上升趋势,同一贮藏时间下,对照组丙二醛含量显著高于处理组($P<0.05$),贮藏15 d后,对照组丙二醛增幅高于处理组,可能是因为对低温环境适应导致丙二醛含量的升高;贮藏到60 d时,新2-CK核桃仁的丙二醛含量最高,丙二醛含量为14.5 $\mu\text{mol/g}$,温185-CK与新丰-CK核桃仁的丙二醛含量无显著性差异($P>0.05$),且显著高于处理组($P<0.05$),其中,新丰核桃仁丙二醛含量最低,其含量为5.84 $\mu\text{mol/g}$,青皮核桃温185、新2和新丰核桃仁相比对照组的丙二醛含量依次降低了45.54%、47.45%和53.91%,可见,无花果叶提取物处理能够抑制脂质氧化程度,减少核桃仁丙二醛的累计,延缓细胞膜的破坏,可能与无花果叶富含绿原酸、槲皮素等生物活性成分提高了青皮核桃总抗氧化能力,延缓脂质过氧化,降低了丙二醛积累^[19],研究结果与刘晨霞等^[27]的结果一致。

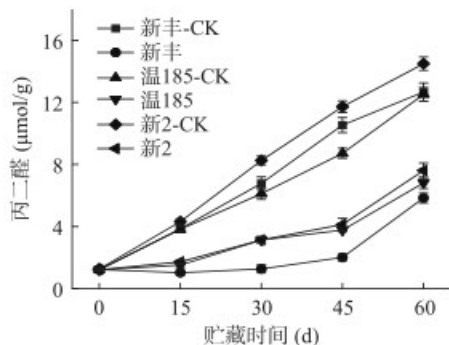


图4 贮藏期不同品种核桃仁丙二醛的变化

Fig.4 Changes of malondialdehyde in walnut kernel of different varieties during storage

2.5 无花果叶提取物对核桃仁酸价的影响

核桃仁含有 60%~70% 脂肪, 易受光、热、水分、酶影响, 释放出游离脂肪酸, 而酸价反映了油脂的酸败程度^[28]。从图 5 可知, 各处理核桃仁酸价均随贮藏期延长而升高, 可能是核桃仁品质不断下降造成了油脂的氧化酸败, 贮藏初期各处理组核桃仁的酸价差异并不显著 ($P>0.05$), 相同贮藏时间下, 对照组核桃仁酸价显著高于处理组 ($P<0.05$); 贮藏到 60 d 时, 各处理组核桃仁酸价迅速增加, 其中温 185-CK 核桃仁酸价显著高于其他处理组 ($P<0.05$), 其酸价为 6.82 mg/g, 新丰与新 2 核桃仁酸价最低且无显著性差异 ($P>0.05$), 新丰核桃仁的酸价为 3.52 mg/g, 比新丰-CK 的酸价降低了 38.89%, 而青皮核桃温 185 和新 2 相相对照组的酸价依次降低了 36.66% 和 38.55%, 可见无花果叶提取物处理在一定程度上抑制了核桃仁中游离脂肪酸的生成, 延缓了核桃仁油脂的酸败和过氧化, 保留了核桃仁品质, 可能跟无花果叶中富含黄酮类化合物有关, 对脂类起到一定保护作用^[29], 还可能无花果叶提取物处理延缓了核桃仁内种皮褐变, 抑制油脂的水解酸败, 从而抑制核桃仁酸价的升高^[30]。

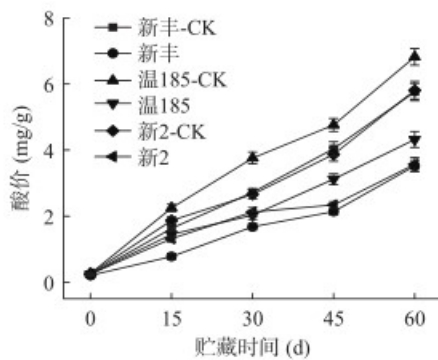


图 5 贮藏期不同品种核桃仁酸价的变化

Fig.5 Changes of acid value of walnut kernel of different varieties during storage period

2.6 无花果叶提取物对核桃仁可溶性蛋白的影响

可溶性蛋白不仅是评价核桃仁品质的重要指标之一, 也是植物体内参与大多数代谢的酶类, 其含量越高, 更有利于核桃仁中酶的催化效果, 提高核桃品质^[8]。由图 6 可知, 随贮藏期延长, 无花果叶提取物处理青皮核桃的可溶性蛋白含量呈先上升后下降趋势, 可能是贮藏初期核桃仁生命活动不断增强的体现, 造成可溶性蛋白含量的增加; 对照组可溶性蛋白含量呈下降趋势, 可能是青皮核桃已逐渐衰老, 加之青皮严重失水、皱缩, 核桃内种皮加速褐变, 不断消耗机体内蛋白质以抵御外界环境改变, 造成了可溶性蛋白含量的下降, 与潘莉等^[8] 研究结果一致。同一贮藏时间下, 处理组可溶性蛋白含量显著高于对照组 ($P<0.05$), 贮藏到 30 d 时, 新 2 青皮核桃果皮颜色严重褐变, 核桃仁内种皮由原来的乳白色褐变成黄褐色, 核桃仁有异味产生, 鲜食品质下降, 而温 185 青皮核桃贮藏到 60 d 果皮颜色褐变严重, 而新丰青皮

核桃仅在梗端外部出现少量褐变。贮藏到 60 d 时, 处理组可溶性蛋白含量显著高于对照组 ($P<0.05$), 其中, 新丰核桃仁的可溶性蛋白含量最高, 其含量为 11.38 mg/g, 青皮核桃新丰、温 185 和新 2 相相对照组的可溶性蛋白含量依次升高了 55.01%、36.01% 和 26.71%, 可见无花果叶提取物处理致使核桃仁的可溶性蛋白含量保持在较高水平上, 维持了核桃仁鲜食品质。

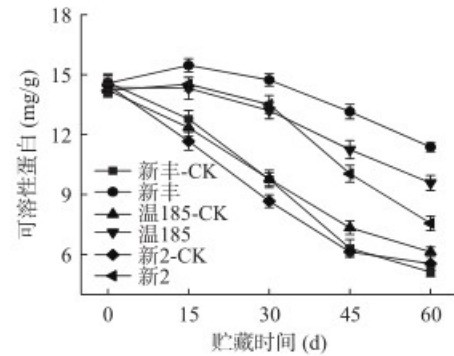


图 6 贮藏期不同品种核桃仁可溶性蛋白的变化

Fig.6 Changes of soluble protein in different varieties of walnut during storage

3 结论

无花果叶提取物处理保持了青皮核桃水分, 延缓了青皮核桃果皮和核桃仁内种皮褐变。依据贮藏期青皮核桃果皮形状和颜色变化, 新丰青皮核桃贮藏到 60 d 时, 果皮仅梗端外部出现少量褐变, 而新 2 青皮核桃贮藏到 30 d 和温 185 青皮核桃贮藏 60 d 时, 果皮褐变程度加剧。同一贮藏时间下, 无花果叶提取物处理青皮核桃的保鲜效果显著优于对照组, 贮藏到 60 d 时, 青皮核桃温 185、新 2 和新丰核桃仁相相对照组的丙二醛含量依次降低了 45.54%、47.45% 和 53.91%, 可见无花果叶提取物处理减少了核桃仁丙二醛的积累; 新丰核桃仁酸价最低为 3.52 mg/g, 比新丰-CK 的酸价降低了 38.89%, 青皮核桃温 185 和新 2 相相对照组的酸价依次降低了 36.66% 和 38.55%, 其中, 新丰核桃仁可溶性蛋白含量最高, 其含量为 11.38 mg/g, 比新丰-CK 高了 55.01%, 无花果叶提取物处理保留了核桃仁可溶性蛋白含量, 维持了核桃仁鲜食品质。本研究可为青皮核桃保鲜技术研究提供一定的理论依据, 对核桃产业发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 胡东宇, 高健, 黄力平, 等. 新疆四地州核桃产业现状与发展思路[J]. 北方园艺, 2021(13): 148-154. [HU D Y, GAO J, HUANG L P, et al. Present situation and development of walnut industry in four prefectures of Southern Xinjiang[J]. Northern Horticulture, 2021(13): 148-154.]
- [2] 弘子姍, 王薇, 解静, 等. 不同处理方式对鲜核桃贮藏保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(7): 19-29. [HONG Z S, WANG W, XIE J, et al. Effects of different treatment methods on storage and preservation of fresh walnut[J]. China Food Additives, 2022, 33(7): 19-29.]

- [3] SHEN H Y, HOU Y J, XI M H, et al. Electron beam irradiation enhanced extraction and antioxidant activity of active compounds in green walnut husk[J]. *Food Chemistry*, 2021, 373(PB): 131520–131520.
- [4] 李广胜, 高悦, 马骏, 等. 不同处理方式对青皮核桃保鲜效果的影响[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(11): 28–33. [LI G S, GAO Y, MA J, et al. Effects of different treatments on fresh-keeping effect of green walnut[J]. *Fresh-keeping and Processing*, 2021, 21(11): 28–33.]
- [5] JIANG L Q, FENG W Y, LI F, et al. Effect of one -methylcyclopropene (1-MCP) and chlorine dioxide (ClO₂) on preservation of green walnut fruit and kernel traits[J]. *J Food Sci Technol*, 2015, 52(1): 267–275.
- [6] 张婷, 徐斌, 潘伊, 等. 不同厚度PE膜包装对青皮核桃果采后鲜贮效果的影响[J]. *保鲜与加工*, 2021, 21(1): 19–24, 32. [ZHANG T, XU B, PAN Y, et al. Effect of different thickness PE film packaging on postharvest fresh storage of green walnut fruit[J]. *Preservation and Processing*, 2021, 21(1): 19–24, 32.]
- [7] 郭园园, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 自发气调包装对青皮核桃采后生理及品质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(4): 205–209. [GUO Y Y, LU X X, LI J K, et al. Effects of self-conditioning packaging on physiology and quality of green walnut after harvest[J]. *Food Science*, 2014, 35(4): 205–209.]
- [8] 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 Y P, NING D L, et al. Effects of different preservation methods on sensory and soluble protein content of walnut peel[J]. *China Oils and Fats*, 2021, 46(9): 103–107.]
- [9] 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 M H. Study on extraction, purification and antioxidant activity of active components from FIG leaves[D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2018.]
- [10] KHIDYROVA N K, SHAKHIDOYATOV K M. Plant polyphenols and their biological activity[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2002, 38(2): 107–121.
- [11] LI C Y, YU M T, LI S, et al. Valorization of fig (*Ficus carica* L.) waste leaves: HPLC-QTOF-MS/MS-DPPH system for online screening and identification of antioxidant compounds[J]. *Plants*, 2021, 10(11): 2532–2532.
- [12] 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 M C, ZHANG X, LI W X, et al. Study on preservation effect of FIG leaf extract on oyster mushroom[J]. *Packaging and Food Machinery*, 2015, 33(1): 17–22.]
- [13] 张合亮, 赵祥忠, 宋俊梅. 无花果叶提取物在无花果保鲜中的应用研究[J]. *食品科技*, 2015, 40(1): 232–235. [ZHANG H L, ZHAO X Z, SONG J M. Study on the application of alcohol extract from FIG leaves in FIG preservation[J]. *Food Science and Technology*, 2015, 40(1): 232–235.]
- [14] 廖璐, 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 Y J, SU Y J, et al. Optimization of processing technology and storage stability evaluation of green tea bread[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2019, 45(7): 180–187.]
- [15] 张博云, 张宇, 李庆山, 等. 羧甲基纤维素钠/聚乙烯吡咯烷酮与独活提取物复合涂膜对柑橘果实的保鲜效果[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(22): 353–364. [ZHANG B Y, ZANG Y, LI Q S, et al. Effect of sodium carboxymethyl cellulose/polyvinylpyrrolidone composite coating on citrus fruit preservation[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(22): 353–364.]
- [16] 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.]
- [17] YANG H, WU F, CHENG J. Reduced chilling injury in cucumber by nitric oxide and the antioxidant response[J]. *Food Chemistry*, 2011, 127(3): 1237–1242.
- [18] 董思远, 高玮, 张舒宁, 等. 干热处理提高脱皮亚麻籽仁蛋白饮料原浆品质及其制备工艺条件优化[J]. *现代食品科技*, 2022, 38(5): 152–164. [DONG S Y, GAO W, ZHANG S N, et al. Dry heat treatment to improve the quality of flaxseed kernel protein beverage stock and optimization of preparation conditions[J]. *Modern Food Technology*, 2022, 38(5): 152–164.]
- [19] 郑倩, 张燕, 廖小军, 等. 超高压对果蔬颜色品质影响的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(5): 105–109. [ZHENG Q, ZHANG Y, LIAO X J, et al. Research progress of effects of ultrahigh pressure on color quality of fruits and vegetables[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2010, 36(5): 105–109.]
- [20] 温欣. 无花果叶发酵提高枯草芽孢杆菌的抗性及其代谢组学分析[D]. 烟台: 烟台大学, 2022. [WEN X. Enhancement of resistance and metabolomics analysis of *Bacillus subtilis* by FIG leaf fermentation[D]. Yantai: Yantai University, 2022.]
- [21] MEZIANI L, HAYETTE L, BACHIR M B, 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 Chemistry*, 2014, 162(1): 277–282.
- [22] GALANAKIS C M, TSATALAS P, CHARALAMBOUS Z, et al. Polyphenols recovered from olive mill wastewater as natural preservatives in extra virgin olive oils and refined olive kernel oils[J]. *Environmental Technology and Innovation*, 2018, 10: 62–70.
- [23] 吴伟, 尤翔宇, 黄慧敏, 等. 热处理对丙二醛氧化米糠蛋白体外胃蛋白酶消化性质的影响[J]. *中国食品学报*, 2020, 20(10): 76–83. [WU W, YOU X Y, HUANG H M, et al. Effects of heat treatment on pepsin digestibility of malondialdehyde oxidized rice bran protein *in vitro*[J]. *Chinese Journal of Food Science*, 2020, 20(10): 76–83.]
- [24] ELLEGRINI N, SERAFINI M, SALVATORE S, et al. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays[J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2006, 50(11): 1030–1038.
- [25] MARIJA P, FERENC P, SASA D, et al. Evaluation of novel green walnut liqueur as a source of antioxidants: Multi-method approach[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 58(1): 1–10.
- [26] BACKES E, LEICHTWEIS M G, PEREIRA C, et al. *Ficus carica* L. and *Prunus spinosa* L. extracts as new anthocyanin-based food colorants: A thorough study in confectionery products[J]. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127457–127457.
- [27] 刘晨霞, 乔勇进, 黄宇斐, 等. 温度对核桃贮藏生理品质的影响[J]. *食品与发酵科技*, 2018, 54(4): 42–47. [LIU C X, QIAO Y

- J, HUANG Y F, et al. Effect of temperature on physiological quality of walnut during storage[J]. *Food and Fermentation Technology*, 2018, 54(4): 42-47.]
- [28] 孟璐璐, 于春蕾, 薛德胜, 等. BHT 对苹果采后灰霉病的防治及防御酶活性和丙二醛含量的影响[J]. *植物保护学报*, 2019, 46(3): 686-692. [MENG L L, YU C L, XUE D S, et al. Effects of BHT on control of postharvest gray mold of apple and its protective enzyme activity and malondialdehyde content[J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46(3): 686-692.]
- [29] TORU T S, AYA O J, MASAHIRO K H. Identification of phenylpropanoids in fig (*Ficus carica* L.) leaves[J]. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2014, 62(41): 10076-10083.
- [30] KOYUNCU M A, KOYUNCU F, BAKIR N. Selected drying conditions and storage period and quality of walnut selections [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2003, 27(2): 87-99.