**Iranian Journal of Horticultural Science**
Vol 48, No 1, Spring 2017 (203-217)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.213319.1059

**علوم باغبانی ایران**
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۲۱۷-۲۰۳)

# تأثیر بسته‌بندی نانو سیلیکات و پلی‌اتیلن بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری میوهٔ خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb)

**فهیمه نصر[۱]، ولی ربیعی[۲*]، فرهنگ رضوی[۳] و اورنگ خادمی[٤]**
۱، ۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
٤. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۷)

## چکیده

عمر کوتاه و حساسیت به سرمازدگی بزرگ‌ترین مشکل پس از برداشت رقم‌های خرمالو است. از جمله تیمارهای مؤثر در افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌ها استفاده از فناوری نانو است. در این پژوهش تأثیر به کارگیری ظرف‌های نانو سیلیکات، ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی و بدون بسته‌بندی (شاهد) بر حفظ خواص کیفی میوهٔ خرمالو رقم کرج در چهل روز انبارداری آن در دمای ۱ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد بررسی شد. در مدت‌های ۲۰ و ٤۰ روز میوه‌ها از انبار سرد خارج و پس از سه روز نگهداری در دمای معمولی به‌عنوان عمر قفسه‌ای ویژگی‌هایی همانند شاخص سرمازدگی، درصد کاهش وزن، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل، اسید قابل عیارسنجی (تیتراسیون)، میزان آسکوربیک اسید، محتوای تانن محلول، کاروتنوئید کل، فلاونوئید کل و فعالیت پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) کل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، بسته‌بندی نانو در هر دو مدت انبارداری در مقایسه با ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی و شاهد موجب حفظ بهتر خواص کیفی، میزان آسکوربیک اسید، میزان تانن محلول، فلاونوئید کل و فعالیت پاداکسندگی میوه در دورهٔ انبارداری شد. همچنین میوه‌های خرمالوی بسته‌بندی‌شده با نانو سیلیکات کمترین شاخص سرمازدگی (۰/۰۱ درصد)، کاهش وزن (۱/۳۲ درصد) و بیشترین میزان سفتی (۵/۳۳ نیوتن بر سانتی‌مترمربع) را داشتند. بنابراین استفاده از ظرف‌های حاوی نانو ذرات در افزایش ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت میوهٔ خرمالو مؤثرتر بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** پاداکسندهٔ کل، تانن محلول، خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb)، فلاونوئید، نانوکمپوزیت.

# Effect of nano-silicate and polyethylene packaging on quality and storage life of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) fruit

**Fahime Nasr[1], Vali Rabiei[2*], Farhang Razavi[3] and Orang Khademi[4]**
1, 2, 3. M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
4. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
(Received: Agu. 7, 2016 - Accepted: Nov. 7, 2016)

## ABSTRACT

Short postharvest life and susceptibility to chilling are the most important problems of persimmon fruit cultivars. Use of nanotechnology is one of the most effective ways to extend storage life of fruits. In this study, effect of different packaging material including nano-silicate, polyethylene and control (without packaging) on quality and antioxidant properties of persimmon fruits cv. Karaj was investigated during 40 days of postharvest storage at 1 ºC and 90-95% relative humidity. The fruits were removed after 20 and 40 days of cold storage and subsequently held at ambient temperature for three days (shelf life), and were analyzed for chilling injury index, weight loss, flesh firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), ascorbic acid, soluble tannin, total flavonoids, total carotenoid contents and total antioxidant activity. The results showed that nano-packaging maintained quality attributes of ascorbic acid, soluble tannin, total flavonoids, total carotenoid contents and total antioxidant activity for longer period than polyethylene packaging and controls. Also, nano- packaged persimmon fruits had the least chilling index (0.01%), weight loss (1.32%) and the most flesh fruit firmness (5.33N/cm$^2$). Therefore use of nano-packaging is beneficial for quality maintaining and postharvest life of persimmon fruit during storage.

**Keywords:** Flavonoid, nanocomposite, persimmon (*Diospyros kaki* Thunb), soluble tannin, total antioxidant.

* Corresponding author E-mail: rabiei@znu.ac.ir Tel: +98 912 141 5447

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه

خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb) از مهم‌ترین میوه‌های نیمه گرمسیری در ایران است ولی عمر پس از برداشت آن کوتاه است. کاهش کیفیت پس از برداشت این میوه در مدت انبارداری و حمل‌ونقل بسیار سریع‌تر از میوه‌های دیگر است و به دلیل نرم شدن بافت و تغییر در کیفیت میوه و بروز نابسامانی‌های فیزیولوژیکی کیفیت آن کاهش می‌یابد. نگهداری درازمدت بیشتر رقم‌های خرمالو در دمای پایین به علت حساسیت این میوه به سرمازدگی (CI)[1] و نرم شدن سریع هنگام انتقال از دمای پایین به دمای بالا امکان‌پذیر نیست (Arnal & Del Rio, 2004). تیمارهای پرشماری همانند آب گرم، اسید سالیسیلیک (Khademi *et al*., 2012)، کلرید کلسیم (Bagheri *et al*., 2015)، ۱- متیل سیکلوپروپن و نگهداری در اتمسفر تغییریافته (Oz, 2011) برای افزایش عمر پس از برداشت رقم‌های خرمالو استفاده شده است. بااین‌حال بسیاری از این راهبردها گران‌قیمت و وقت‌گیر بوده و باعث تغییر رنگ، مزه و خواص کیفی میوه‌ها می‌شوند. امروزه یافتن راه‌های غیر شیمیایی و سالم در افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه‌ها اهمیت خاصی دارد (Asghari *et al*., 2009). در سال‌های اخیر استفاده از فناوری نانو برای نگهداری محصولات باغبانی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. کاربرد نانو در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی، باعث افزایش ماندگاری مواد غذایی شده است که در نتیجهٔ آن، مواد غذایی تازه‌تر و به مدت طولانی تر قابل نگهداری هستند (Silvestre & Duraccio, 2011). فناوری نانو پلیمر استفاده از مواد پلیمری است که با ذرات کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر تولید شده باشند (Utracki, 2004). با کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر، توان فعالیت سطحی مواد افزایش چشمگیری یافته و سرعت واکنش این مواد با محیط اطراف به دلیل ازدیاد مکان‌های فعال سطحی بیشتر می‌شود (Damm *et al*., 2007). استفاده از نانو ذرات در پلاستیک‌ها می تواند سبب بهبود خاصیت نفوذپذیری بسته‌های غذایی شود (Lagaron, 2006). در بسته‌بندی‌های نانو، ذرات نانو به‌صورت زیگزاگ قرارگرفته‌اند و مانند سدی از عبور اکسیژن جلوگیری می‌کنند. ذرات موجود در بسته‌بندی از انتشار بو جلوگیری کرده و باعث حفظ بسیاری از خواص از جمله استحکام، سفتی و مقاومت در برابر ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) می‌شوند (Silvestre & Duraccio, 2011).

بسته‌بندی با چندسازه‌های نانو (نانو کامپوزیت) باعث حفظ کیفیت میوهٔ کیوی و کاهش پوسیدگی آن شده و میزان کاهش وزن، نرم شدن میوه، تغییر رنگ و کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های موجود در بسته‌های نانو در ۴۲ روز انبارداری سرد مهار شده است (Hu *et al*., 2011). همچنین بسته‌بندی نانو بازدارندهٔ کاهش وزن و قهوه‌ای شدن و حفظ شادابی برش‌های سیب شده و از فساد میکروبی آن‌ها در دوازده روز انبارداری در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس جلوگیری کرده است (Ling *et al*., 2011). در بررسی دیگر نیز مشخص شده است که بسته‌بندی نانو باعث حفظ کیفیت میوهٔ توت‌فرنگی و بازدارندهٔ کاهش آسکوربیک اسید، اسید قابل عیارسنجی (تیتراسیون) و مواد جامد محلول شده و از پوسیدگی و افزایش میزان مالون دی‌آلدئید میوهٔ توت‌فرنگی در دوازده روز انبارداری سرد جلوگیری کرده است (Yang *et al*., 2010). تأثیر بسته‌بندی نانو روی گیلاس رقم سیاه مشهد نشان داد، بسته‌های محتوای نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر پایهٔ پلی‌اتیلن نسبت به پلی‌اتیلن معمولی به‌طور معنی‌داری باعث حفظ خواص پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی)، ویتامین ث، فنل کل و بازارپسندی شده است (Zandi *et al*., 2014). میوه‌های ازگیل ژاپنی بسته‌بندی‌شده با پوشش پلی‌اتیلن شاخص قهوه‌ای شدن و درصد کاهش وزن کمتر و کیفیت ظاهری بهتر و ماندگاری بیشتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش در پایان دورهٔ انبارداری داشتند (Ashournezhad & Ghasemnezhad, 2012). در این پژوهش به بررسی تأثیر استفاده از بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات سیلیکات بر حفظ خواص کیفی و افزایش ماندگاری میوهٔ خرمالو رقم کرج در مقایسه با ظرف‌های پلی‌اتیلنی معمولی در دو زمان انبارداری پرداخته شد.

1. Chilling injury

Archive of SID

www.SID.ir

## مواد و روش‌ها

پلی‌اتیلن سیلیکاتی[1] حاوی ذرات نانو سیلیکا با ضخامت ۳۱۰ میکرون و غلظت ذرات نانو در هر بسته ۲۰۰۰ppm که حاوی مادهٔ پادباکتری (آنتی‌باکتریال) و دارای نفوذپذیری ۲۰ میلی‌لیتر بر مترمربع در ۲۴ ساعت برای دی‌اکسیدکربن و ۳۵ میلی‌لیتر بر مترمربع در ۲۴ ساعت برای اکسیژن و غیرقابل نفوذ برای ورود و خروج بخارآب است از شرکت نانو بسپار آیتک تهران واقع در اطراف شهر تهران تهیه شد و .بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی از بازار خریداری شد، تأثیر بسته‌بندی نانو روی ماندگاری میوهٔ خرمالو در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلنی معمولی با ضخامت همسان و همچنین بدون پوشش به‌عنوان شاهد بررسی شد.

میوه‌های خرمالو (رقم کرج) در مرحلهٔ بلوغ تجاری (رنگ‌گیری کامل با سفتی بافت حدود ۸/۶±۰/۵ $N/cm^2$ که برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه به تصادف چند عدد میوه انتخاب شده و با دستگاه سفتی‌سنج دستی مدل OSK 1618 Japan سفتی اولیهٔ بافت میوه اندازه‌گیری شد (Sanchis *et al*., 2015)) از باغی واقع در اطراف شهرستان کرج برداشت شد و در مدت سه ساعت به آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان منتقل شد، میوه‌های سالم و یکنواخت (از نظر اندازه، رنگ و سفتی) برای آزمایش انتخاب شدند. شمار ۲۱ عدد میوه به‌عنوان سه تکرار در آغاز آزمایش به‌طور تصادفی انتخاب و برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی و کمی در هنگام برداشت اختصاص یافتند. دیگر میوه‌ها به سه گروه و هر گروه دارای ۴۲ عدد میوه تقسیم‌بندی شدند. گروه اول در بسته‌های نانو، گروه دوم در بسته‌های پلی‌اتیلنی و گروه سوم به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. در هر نوع بسته‌بندی شمار شش بسته در نظر گرفته شد و در هر بسته هفت میوه قرار داده شد. آنگاه بسته‌های تهیه شده به سردخانه با دمای ۱ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد منتقل و در مدت‌های ۲۰ و ۴۰ روز از انبار سرد شمار سه بسته از هر تیمار به‌عنوان سه تکرار خارج و پس از سه روز نگهداری در دمای اتاق به‌عنوان عمر قفسه‌ای بررسی شدند.

صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش شامل: شاخص سرمازدگی، درصد کاهش وزن، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل، اسید قابل عیارسنجی، ظرفیت پاداکسندگی، تانن محلول، آسکوربیک اسید (ویتامین ث)، کارتنوئید کل و فلاونوئید کل بود.

### شاخص سرمازدگی

برای اندازه‌گیری شاخص سرمازدگی، سطح میوه به‌صورت مشاهده‌ای در چهار قسمت شامل صفر: سطح میوهٔ قهوه‌ای نشده، یک: کمتر از ۲۵درصد سطح میوه قهوه‌ای شده، دو: حدود ۵۰درصد سطح میوهٔ قهوه‌ای‌شده، سه: بیشتر از ۷۵درصد سطح میوهٔ قهوه‌ای‌شده نمره دهی شد و با استفاده از رابطهٔ ۱ شاخص سرمازدگی محاسبه شد (Wang *et al*., 2006).

$$\text{شاخص سرمازدگی} = \frac{\text{(شمار میوه در هر درجهٔ سرمازدگی)} \times \text{(درجهٔ سرمازدگی)}}{\text{شمار کل میوه‌ها در هر تیمار} \times 4} \quad (1)$$

### درصد کاهش وزن

برای ارزیابی میزان درصد کاهش وزن میوه در آغاز آزمایش و پیش از آغاز نگهداری، میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل (CANDGL300) وزن شدند و آنگاه در مدت‌های ۲۰ و۴۰ روز پس از انبارداری نیز دوباره توزین شدند و درصد کاهش وزن میوه‌ها به‌صورت زیر محاسبه شد (Meng *et al*., 2007).

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

### سفتی بافت میوه

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از دو قسمت مقابل هم و پس از برداشتن پوست میوه از سفتی‌سنج دستی مدل (OSK 1618 Japan) با قطر پروپ ۸ میلی‌متری استفاده شد. سفتی بافت بر پایهٔ میزان فشاری که برحسب نیوتن بر سانتی‌مترمربع در اثر مقاومت گوشت میوه به نوک سفتی‌سنج وارد آمد از روی دستگاه خوانده شد (Jalilimarandi, 2004).

1. Aytack Nano Silicon Compound Poly-ethylene Grade 4, high density (ANSC-PE4)

Archive of SID

www.SID.ir

**کل مواد جامد محلول (TSS)**[1]

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS) از شکست‌سنج (رفراکتومتر) دیجیتالی مدل Atago-(ATC-20E) استفاده شد و بر پایهٔ درجهٔ بریکس بیان شد. میانگین مواد جامد محلول سه عدد میوه به‌عنوان درصد مواد جامد محلول کل آن تکرار در نظر گرفته شد (Jalilimarandi, 2004).

**اسید قابل عیارسنجی (TA)**

برای اندازه‌گیری میزان اسید قابل عیارسنجی میزان ۵ میلی‌لیتر از عصارهٔ میوه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق‌شده و محلول به‌دست‌آمده با سود ۰/۱ نرمال و بر پایهٔ pH پایانی ۸/۲-۸/۱ تیتر شد. درصد اسید قابل عیارسنجی بر پایهٔ اسید غالب یعنی اسید مالیک و بنا بر رابطهٔ ۳ محاسبه شد (Iranzo *et al*., 1984).

(۳) درصد اسید قابل عیارسنجی = (حجم سود مصرفی × نرمالیتهٔ سود مصرفی × ۶۸) / (حجم نمونهٔ تیترشده × ۱۰۰۰) × ۱۰۰

**فعالیت پاداکسندگی کل**

برای اندازه‌گیری پاداکسندهٔ کل در آغاز محلول ۰/۱ میلی‌مولار از DPPH تهیه شد، به‌این‌ترتیب که ۳۹/۳۴ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول حل شد. آنگاه ۵۰ میکرولیتر از عصاره به محلول DPPH اضافه شد به‌طوری‌که حجم نهایی ۲ میلی‌لیتر شد و جذب آن پس از ۳۰ دقیقه در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. با استفاده از رابطهٔ ۴ میزان پاداکسندهٔ کل محاسبه شد (Dehghan & Khoshkam, 2012).

$$RSA\ \% = \frac{100\,(A_C - A_S)}{A_C} \qquad (۴)$$

که در آن:

RSA= ظرفیت پاداکسندگی

AS= جذب نمونه حاوی عصاره

AC= جذب شاهد

**تانن محلول**

پس از عصاره‌گیری، تانن محلول نمونه با متانول ۸۰درصد، بنابر روش فولین دنیز[2] با اندکی تغییرپذیری اندازه‌گیری شد. برای عصاره‌گیری تانن محلول، ۵ گرم از نمونه با ۲۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰درصد، در یک هاون چینی به‌خوبی همگن شد. آنگاه مخلوط به‌دست‌آمده در ۳۰۰۰ دور و به مدت پنج دقیقه عصارهٔ تاننی به دست آمد. به ۲۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه، ۵ میلی‌لیتر عصارهٔ تاننی و ۵ میلی‌لیتر معرف فولین دنیز اضافه شد. پس از گذشت پنج دقیقه ۲/۵ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم اشباع نیز به محلول تاننی اضافه شد. یک ساعت بعد میزان جذب نوری محلول بالا (آبی‌رنگ) در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر و با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) مدل (Specorp 250Jena-History Germany) خوانده شد. غلظت تانن محلول بر پایهٔ منحنی استاندارد اسید تانیک خالص که همزمان با تهیهٔ نمونه‌ها تهیه شده بود محاسبه شد (Tiara, 1996).

**آسکوربیک اسید (ویتامین ث)**

اندازه‌گیری آسکوربیک اسید (ویتامین ث) با استفاده از روش یدسنجی (یدومتریک) انجام شد، به این صورت که میزان ۱۰ میلی‌لیتر از عصارهٔ میوه را در ظرف شیشه‌ای ریخته و روی آن ۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد (۱ گرم نشاسته در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد) اضافه و محلول به‌دست‌آمده با محلول ید تهیه شده (۱/۲۶۹ گرم ید + ۱۶/۶گرم یدید پتاسیم را با هم مخلوط کرده و به حجم ۱ لیتر رسانده) عیارسنجی شد و این عمل تا تشکیل رنگ خاکستری روشن ادامه یافت. برای محاسبهٔ آسکوربیک اسید عصارهٔ میوه از رابطهٔ زیر استفاده شد (Jalilimarandi, 2004).

$$A = \frac{SNF \times 88.1}{10} \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن:

A= میزان آسکوربیک اسید میوه برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر

S= میزان محلول ید مصرف‌شده

N= نرمالیتهٔ محلول یدور پتاسیم = ۰/۰۱

F= عامل مخلوط ید = ۰/۱۳۵

1. Total Soluble Solids

2. Folin-Denis

Archive of SID

www.SID.ir

**کاروتنوئید کل**

در اندازه‌گیری کاروتنوئید کل ۲ گرم از گوشت میوه در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ترکیبی استن- هگزان (۶۰:۴۰) رنگ‌گیری شد و به مدت پنج دقیقه در ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. میزان جذب نوری عصارهٔ کاروتنوئیدی توسط دستگاه طیف‌سنج نوری مدل (Specorp 250) در طول‌موج ۴۸۰ نانومتر خوانده شد. میزان کاروتنوئید کل بر پایهٔ رابطهٔ زیر محاسبه شد (Wang *et al*., 2005):

= میزان کاروتنوئید کل برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تر

$۴ \times OD_{(480nm)}$

$OD_{(480nm)}$= جذب در طول‌موج ۴۸۰ نانومتر

۴= عدد ثابت

**فلاونوئیدکل**

برای اندازه‌گیری فلاونوئید کل روی ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها با رقت مناسب، ۷۵ میکرولیتر $NaNO_2$ (۵W/V٪) و ۰/۱۵ میلی‌لیتر $AlCl_3$ (۱۰ W/V٪) و ۰/۵ میلی‌لیتر NaOH ۱ مولار اضافه شد و با افزودن آب مقطر حجم نهایی به ۲/۵ میلی‌لیتر رسید. جذب محلول پس از پنج دقیقه توسط دستگاه طیف‌سنج نوری مدل (Specorp 250) در طول‌موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. نتایج به‌صورت میکرومول کریستین در هر ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره بیان شد (Kaijv *et al*., 2006).

**تجزیه‌وتحلیل داده‌ها**

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل انواع ظرف‌های بسته‌بندی و عامل دوم شامل مدت‌های نگهداری بررسی شد. پس از اطمینان از عادی بودن توزیع داده‌ها در هر یک از تیمارهای مورد بررسی، داده‌های به‌دست‌آمده از پژوهش توسط نرم‌افزار SAS (ورژن ۹/۳) تجزیه‌وتحلیل و مقایسهٔ میانگین توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

**شاخص سرمازدگی**

بر پایهٔ نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۱) تأثیر مدت انبارداری و اثر برهمکنش بین تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری بر شاخص سرمازدگی معنی‌دار شد هرچند اثر اصلی تیمار بسته‌بندی بر آن معنی‌دار نبود. بر پایهٔ مقایسهٔ میانگین، در مدت بررسی بیست روز نمونه‌های بسته نانو به‌طور معنی‌داری دارای شاخص سرمازدگی کمتری در مقایسه با نمونه‌های بسته پلی‌اتیلنی بودند. در این مدت بررسی اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های بسته نانو با شاهد و نمونه‌های بسته پلی‌اتیلنی با شاهد مشاهده نشد. با گذشت مدت آزمایش شاخص سرمازدگی همهٔ نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در مدت بررسی چهل روز انبارداری کمترین شاخص سرمازدگی در نمونه‌های بستهٔ نانو مشاهده شد و همچنین نمونه‌های بسته پلی‌اتیلنی به‌طور معنی‌داری دارای درجهٔ سرمازدگی کمتری در مقایسه با شاهد بودند (شکل ۱). میزان قهوه‌ای شدن میوه در مدت انبارداری سرد یک شاخص مهم کیفیت خرمالو است و به‌عنوان شاخص سرمازدگی در نظر گرفته می‌شود. قهوه‌ای شدن درونی و بیرونی مدت انبارداری سرد به‌عنوان یک آسیب سرمازدگی در خرمالو گزارش شده است (Salvador *et al*., 2004). آسیب سرمازدگی محدودکنندهٔ مدت انبارداری میوه‌ها بوده و سبب افزایش ضایعات پس از برداشت است بااین‌حال دمای سرد می‌تواند مؤثرترین روش برای افزایش عمر انباری میوه باشد (Han *et al*., 2006). به‌طورکلی آسیب سرمازدگی در آغاز در غشاء یاخته‌ای همراه با تغییر در ترکیب اسیدهای چرب فسفولیپیدها رخ می‌دهد و آسیب غشایی موجب آغاز آبشاری از واکنش‌های ثانویه می‌شود که منجر به تخریب ساختار یاخته‌ای می‌شود (Mirdehghan *et al*., 2007). بسته‌های نانو از ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسیدکربن جلوگیری کرده و باعث حفظ رطوبت درون بسته‌ها می‌شوند در نتیجه موجب کاهش شاخص سرمازدگی و ضایعات ناشی از سرمازدگی میوه‌های خرمالو در نتیجهٔ تنش سرما شده است (Brody, 2006).

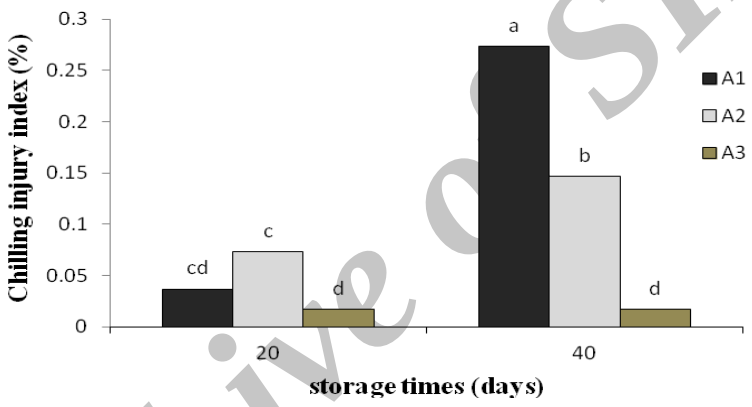
**درصد کاهش وزن میوه**

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد، تأثیر مدت بررسی و تیمار بسته‌بندی و اثر برهمکنش بین تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

بسته‌بندی و مدت انبارداری بر کاهش وزن میوه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد (P≤۰/۰۱) معنی‌دار بود. با گذشت مدت درصد کاهش وزن همهٔ نمونه‌ها افزایش یافت. بر پایهٔ مقایسهٔ میانگین بیشترین کاهش وزن در شاهد پس از ۴۰ روز انبارداری (۴/۶۷درصد) و کمترین در بسته‌بندی نانو (۱/۳۲درصد) مشاهده شد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد، در نمونه‌های موجود در بسته‌های پلی‌اتیلن به‌طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد مشاهده شد. بسته‌بندی نانو به‌طور معنی‌داری از کاهش وزن بیش‌ازحد میوه‌ها جلوگیری کرد. کاهش وزن میوه به‌طور عمده با تنفس و تعرق از پوست میوه در ارتباط است و در نتیجه از دست دادن آب از سطح میوه‌ها رخ می‌دهد. ظرف‌های نانو بازدارندهٔ ایجاد تبادل‌های گازی و کاهش رطوبت میوه شده و در نتیجه از کاهش بیش‌ازحد وزن میوه جلوگیری می‌شود (Li *et al.*, 2009). میوه‌های کیوی موجود در بسته‌های نانو کاهش وزن کمتری نسبت به بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی در ۴۲ روز انبارداری نشان دادند (Hu *et al.*, 2011). استفاده از بسته‌بندی نانو سیلیکات رس باعث کاهش درصد کاهش وزن در میوهٔ توت‌فرنگی شده است (Zandi *et al.*, 2013). همچنین بسته‌بندی نانو باعث جلوگیری از دست دادن رطوبت و کاهش وزن در میوهٔ سیب شده است (Zhou *et al.*, 2011).




شکل ۱. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر شاخص سرمازدگی میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 1. Effect of packaging and storage time on chilling injury index of persimmon fruits cv. Karaj.
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at p< 0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر ویژگی‌های کیفی میوهٔ خرمالو رقم کرج در دمای ۱ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد

Table 1. Analysis of Variance for the effect of packaging and storage time on quality properties of persimmon fruits cv. Karaj at 1 ºC and 90-95% relative humidity

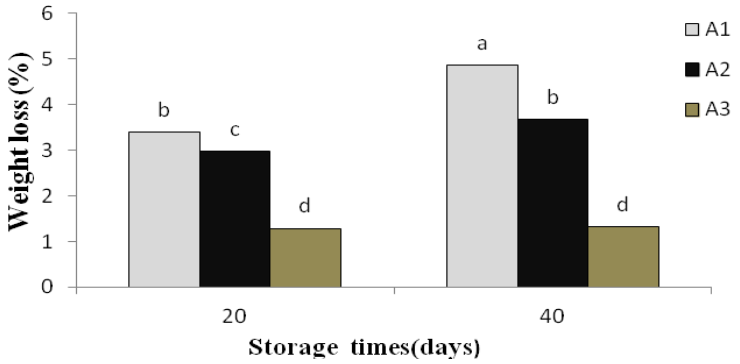
| S.O.V. | df | Means of Squers | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Chilling injury index | Weight loss | Firmness | Total soluble solids | Titratable acid | Total antioxidant activity | Soluble tannin | Ascorbic acid | Total carotenoid | Total flavonoids |
| Packaging | 2 | 0.029$^{ns}$ | 13.773$^{**}$ | 18.807$^{**}$ | 2.347$^{**}$ | 0.003$^{ns}$ | 11.95$^{**}$ | 3067312.88$^{**}$ | 16.39$^{**}$ | 2.452$^{ns}$ | 15.089$^{**}$ |
| Storage time | 1 | 0.048$^{*}$ | 4.500$^{**}$ | 109.470$^{**}$ | 26.88$^{**}$ | 0.010$^{**}$ | 11.36$^{ns}$ | 1129003.55$^{**}$ | 46.49$^{**}$ | 2.599$^{ns}$ | 6.218$^{**}$ |
| Packaging × storage time | 2 | 0.022$^{*}$ | 1.109$^{**}$ | 8.173$^{**}$ | 9.18$^{**}$ | 0.033$^{*}$ | 7.72$^{ns}$ | 1510.55$^{ns}$ | 8.29$^{*}$ | 0.576$^{ns}$ | 1.296$^{**}$ |
| error | 12 | 0.009 | 0.149 | 1.067 | 0.152 | 0.005 | 151.64 | 97049.77 | 1.77 | 0.741 | 0.0278 |
| C.V.(%) | | 35.25 | 12.683 | 22.082 | 2.045 | 18.77 | 17.518 | 13.206 | 1.778 | 17.15 | 4.915 |

ns، ** و *: نداشتن تفاوت معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, *, **: non significant, significant at 5% and significant at 1% level.

Archive of SID

www.SID.ir




شکل۲. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان کاهش وزن میوهٔ خرمالو رقم کرج

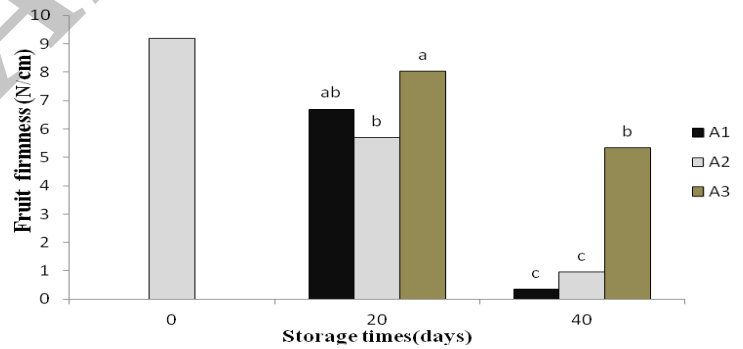
حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 2. Effect of packaging and storage time on weight loss of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at p< 0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

**سفتی بافت میوه**

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که تأثیر مدت انبارداری، تیمار بسته‌بندی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد (P≤۰/۰۱) بر میزان سفتی میوهٔ خرمالو معنی‌دار بود. میزان سفتی میوه‌ها در مدت بررسی چهل روز انبارداری در ظرف‌های بسته‌بندی نانو سیلیکات به‌خوبی حفظ شد. در این مدت انبارداری بیشترین میزان سفتی مربوط به بسته‌بندی نانو (۵/۳۳ نیوتن بر سانتی‌متر) و کمترین میزان سفتی مربوط به شاهد (۰/۳۴ نیوتن بر سانتی‌متر) بود، همچنین اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های موجود در بسته‌های پلی‌اتیلن و شاهد مشاهده نشد (شکل ۳). کاهش استحکام و نرم شدن بافت میوه از راه تخریب اجزای دیوارهٔ یاخته‌ای، به‌طور عمده پکتین توسط فعالیت آنزیم‌های ویژه مانند پلی‌گالاکتروناز صورت می‌گیرد (Manning, 1993). به نظر می‌رسد ظرف‌های نانو با ایجاد بازدارنده در برابر گازهای تنفسی، کاهش تولید اتیلن و حفظ رطوبت درون بسته باعث حفظ استحکام و سفتی میوه شده است. یکی از شاخصه‌های اصلی کیفیت میوه و عمر سودمند پس از برداشت، سرعت و میزان از دست دادن استحکام و سفتی در مدت انبارداری است (Martinez–Romero *et al*., 2006). بسته‌های نانو باعث حفظ استحکام و جلوگیری از نرم شدن بیش‌ازحد میوهٔ توت‌فرنگی در هجده روز انبارداری شده است (Sogvar *et al*., 2016).




شکل۳. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر سفتی بافت میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

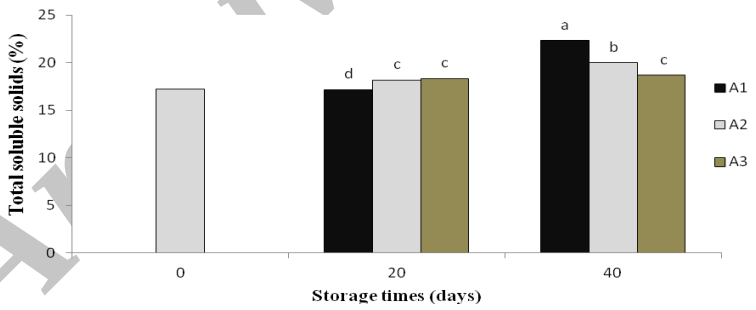
Figure 3. Effect of packaging and storage time on firmness of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

Archive of SID

www.SID.ir

**مواد جامد محلول کل (TSS)**

تأثیر تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری و برهمکنش تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد (P≤۰/۰۱) بر میزان مواد جامد محلول میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). بر پایهٔ مقایسهٔ میانگین داده‌های مواد جامد محلول کل اختلاف معنی‌داری در مدت انبارداری بیست روز بین بسته‌های نانو و پلی‌اتیلن مشاهده نشد ولی بین بسته‌های پلی‌اتیلن و شاهد و بسته‌های نانو و شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. میزان افزایش مواد جامد محلول بسته‌بندی نانو بسیار کمتر از شاهد و بسته‌بندی پلی‌اتیلن معمولی بود. بیشترین مواد جامد محلول مربوط به شاهد (۲۲/۳۳درصد) و کمترین مربوط به بسته‌های نانو (۱۸/۶۶درصد) در اواخر دورهٔ انبارداری بود (شکل ۴). میزان مواد جامد محلول کل در میوه‌های بدون بسته‌بندی (در مدت انبارداری آب بیشتری را از دست می‌دهند) نسبت به میوه‌های بسته‌بندی‌شده به علت فعالیت تنفسی شدیدتر و تغلیظ محتویات آب‌میوه افزایش بیشتری می‌یابد (Hu *et al*., 2011). استفاده از پوشش سرعت تنفس میوه‌ها را با تأخیر در استفاده از اسیدهای آلی (ارگانیک) در واکنش‌های آنزیمی تنفس کاهش داده و با ایجاد تأخیر در رسیدگی میوه‌ها، از افزایش میزان مواد جامد محلول جلوگیری می‌کند (Hernandez-Munoz *et al*., 2008). در این پژوهش بسته‌بندی نانو با کاهش میزان سوخت‌وساز و تنفس میوه‌ها بازدارندهٔ افزایش شدید کل مواد جامد محلول نسبت به شاهد شده و دلیل افزایش شدید این مواد در میوه‌های شاهد به دلیل شکستن پلی‌ساکاریدهای دیوارهٔ یاخته‌ای و تبدیل آن‌ها به قندهای محلول است. میزان کل مواد جامد محلول در هجده روز انبارداری در میوهٔ توت‌فرنگی افزایش‌یافته ولی میزان افزایش در بسته‌بندی نانو نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بوده است. در روز هجده انبارداری بیشترین میزان مواد جامد محلول کل در شاهد گزارش شده است، همچنین بسته‌بندی نانو نسبت به ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی به‌طور معنی‌داری باعث حفظ میزان کل مواد جامد محلول در میوهٔ گیلاس رقم سیاه مشهد شده است و از افزایش بیش‌ازحد آن در ۴۵ روز انبارداری جلوگیری کرده است (Sogvar *et al*., 2016; Zandi *et al*., 2014).




شکل۴. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان مواد جامد محلول میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 4. Effect of packaging and storage time on total soluble solids content of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

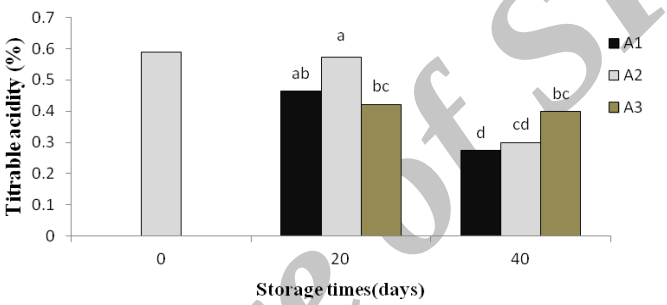
**اسید قابل عیارسنجی (TA)**

تأثیر مدت انبارداری در سطح ۱ درصد (P≤۰/۰۱) و اثر متقابل مدت انبارداری و نوع ظرف‌های بسته‌بندی در سطح ۵ درصد (P≤۰/۰۵) بر میزان اسید قابل عیارسنجی میوهٔ خرمالو معنی‌دار بود ولی تیمار ظرف‌های بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری بر میزان اسید قابل عیارسنجی نداشت (جدول ۱). نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد، میزان اسید قابل عیارسنجی در مدت انبارداری کاهش یافت ولی در ظرف‌های نانو میزان کاهش کمتر از شاهد و ظرف‌های پلی‌اتیلن

Archive of SID

www.SID.ir

معمولی بود. در مدت انبارداری بیست روز اختلاف معنی‌داری بین تیمار بسته‌بندی نانو و شاهد و تیمار بسته پلی‌اتیلن و شاهد مشاهده نشد ولی بین بسته‌های نانو و پلی‌اتیلن اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در مدت انبارداری چهل روز اختلاف معنی‌دار بین بسته‌بندی نانو و شاهد مشاهده شد و بیشترین میزان کاهش اسید قابل عیارسنجی پس از چهل روز انبارداری مربوط به ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی و شاهد بود (شکل ۵). اسیدهای آلی هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل‌شدن به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطهٔ مستقیمی با فعالیت‌های سوخت‌وسازی (متابولیکی) میوه دارد. حفظ اسید قابل عیارسنجی در ظرف‌های نانو می‌تواند به دلیل نفوذپذیری کم اکسیژن و میزان تنفس کمتر و در نتیجه جلوگیری از اکسایش (اکسیداسیون) اسیدهای آلی باشد Yaman, (2002). بسته‌های نانو باعث حفظ اسید قابل عیارسنجی در میوهٔ توت‌فرنگی نسبت به بسته‌بندی پلیمر معمولی شده است ( Yang *al*., 2010). بسته‌های پلی‌اتیلن معمولی و نانو سیلیکات میزان اسید قابل عیارسنجی بیشتری را نسبت به بسته‌های نانو ذرات نقره در میوهٔ گیلاس از دست دادند (Zandinavgaran *et al*., 2014). همچنین بسته‌های نانو میزان اسید قابل عیارسنجی بیشتری را در مقایسه با شاهد در میوهٔ توت‌فرنگی حفظ کرده است (Sogvar *et al*., 2016).




شکل۵. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان اسید قابل عیارسنجی میوهٔ خرمالو رقم کرج
حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.
A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات
Figure 5. Effect of packaging and storage time on titratable acid content of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at p< 0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

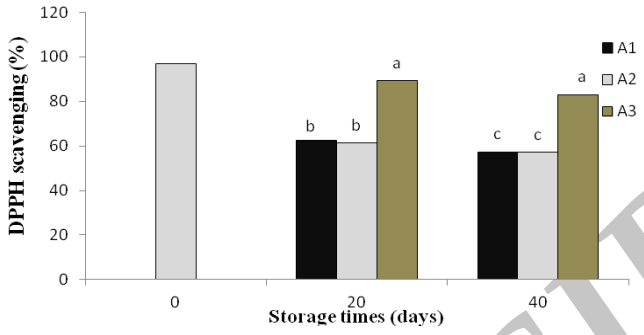
**پاداکسندهٔ کل**

نتایج نشان می‌دهد، تأثیر تیمار بسته‌بندی برحفظ میزان پاداکسندهٔ کل میوهٔ خرمالو معنی‌دار است ولی تأثیر مدت انبارداری و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نیست (جدول ۱). در مدت انبارداری بیست روز نمونه‌های بسته‌بندی نانو به‌طور معنی‌داری میزان کاهش ظرفیت پاداکسندگی کمتری نسبت به تیمارهای شاهد و بسته‌بندی با پلی‌اتیلن داشتند. میزان ظرفیت پاداکسندهٔ کل میوه‌ها در مدت انبارداری چهل روز کاهش یافت ولی در این مدت بیشترین میزان کاهش مربوط به نمونه‌هایی بود که در بسته‌بندی پلی‌اتیلن و تیمار شاهد قرار داشتند و کمترین میزان کاهش مربوط به میوه‌های بسته‌بندی نانو بود (شکل ۶). کاهش ظرفیت پاداکسندگی آنزیم‌ها و میزان آسکوربات در فرآیند پیری اغلب مربوط به کاهش توانایی رویارویی با آسیب اکسایشی (اکسیداتیو) است، پاداکسندهٔ موجود در میوه، بافت میوه را در برابر تنش‌ها و بیماری‌ها محافظت می‌کند ( Hebert *et al*., 2002). ظرفیت پاداکسندگی میوه‌ها و سبزی‌ها مربوط به ترکیب‌های آنزیمی (کاتالاز، پراکسیداز، اسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و سوپراکسید دیسموتاز) و غیر آنزیمی (شامل ویتامین ث، فنل‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئید) است. در نتیجهٔ افزایش سوخت‌وساز (متابولیسم) اکسایشی، گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابند و گیاهان برای رویارویی با رادیکال‌های آزاد اکسیژن سامانهٔ پاداکسندگی خود را فعال می‌کنند،

Archive of SID

www.SID.ir

پاداکسنده‌ها با دادن الکترون به گونه‌های فعال اکسیژن اکسید می‌شوند و میزان‌شان کاهش می‌یابد (Spinardi, 2005). ذرات نانو ظرف‌های بسته‌بندی نانو باعث کاهش تبادل‌های گازی و تنفس میوه، کاهش سرعت پیری و سرعت تولید رادیکال‌های آزاد و درنهایت باعث کاهش مصرف پاداکسنده‌ها می‌شوند (Muhammad *et al.*, 2009). بسته‌بندی نانو در مقایسه با ظرف‌های معمولی به‌طور معنی‌داری باعث حفظ پاداکسندهٔ کل گیلاس رقم سیاه مشهد شده است که با این نتایج همخوانی دارد (Zandinavgaran *et al.*, 2014).




شکل۶. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان فعالیت پاداکسنده کل میوهٔ خرمالو رقم کرج
حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.
A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 6. Effect of packaging and storage time on total antioxidant activity of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

**تانن محلول**

تأثیر تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری در سطح احتمال۱ درصد (P≤۰/۰۱) بر میزان تانن محلول معنی‌دار بود هرچند اثر متقابل آن‌ها بر میزان تانن محلول میوهٔ خرمالو معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، استفاده از بسته‌بندی نانو باعث حفظ تانن محلول و جلوگیری از کاهش آن شد. در مدت انبارداری بیست روز نمونه‌های بسته نانو به‌طور معنی‌داری میزان تانن محلول بیشتری در مقایسه با نمونه‌های بستهٔ پلی‌اتیلنی داشتند بیشترین میزان تانن محلول در مدت انبارداری چهل روز مربوط به بسته‌های نانو (۳۰۷۶ mg/l) بود و میزان کاهش تانن محلول در تیمار بسته‌بندی نانو کمتر از بسته‌بندی پلی‌اتیلن و شاهد بود و در این مدت انبارداری اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای بسته‌بندی پلی‌اتیلن و شاهد مشاهده نشد (شکل ۷). میزان تانن محلول از مشخصه‌های اصلی در ارتباط با کیفیت میوهٔ خرمالو رسیده است. میزان تانن محلول در طول ذخیره‌سازی به‌طور مداوم کاهش می‌یابد که به علت تشکیل کمپلکس بین پکتین آزادشده از دیوارهٔ یاخته‌ای و تانن است (Taira *et al.*, 1997). بسته‌های نانو از تبادل گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن جلوگیری کرده و بازدارندهٔ تولید اتیلن و در نتیجه بازدارندهٔ تجزیهٔ آن می‌شوند (Huand, 2003). در نتیجه رسیدن میوهٔ خرمالو به تأخیر افتاده و میزان تانن محلول آن حفظ شده است.

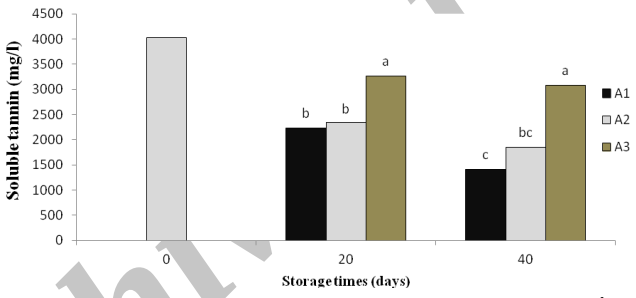
**آسکوربیک اسید (ویتامین ث)**

بنابر جدول تجزیهٔ واریانس تأثیر تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان آسکوربیک اسید در سطح احتمال ۱ درصد (P≤۰/۰۱) و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد (P≤۰/۰۵) معنی‌دار است. در بیست روز پس از انبارداری اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های بسته نانو با شاهد و نمونه‌های بستهٔ پلی‌اتیلنی با شاهد مشاهده نشد. در مدت انبارداری چهل روز نمونه‌های بسته نانو به‌طور معنی‌داری دارای ویتامین ث بیشتری در مقایسه با نمونه‌های بستهٔ پلی‌اتیلنی بودند، کمترین میزان ویتامین ث مربوط به شاهد (۱۲/۰۱ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و بیشترین مربوط به بسته‌بندی نانو (۱۶/۸۶ میلی‌گرم

Archive of SID

www.SID.ir

بر ۱۰۰ گرم وزن تر) بود (شکل ۸). باوجود کاهش میزان ویتامین ث در مدت انبارداری، میزان کاهش در ظرف‌های نانو کمتر از ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی و شاهد بود. بنابراین نتایج استفاده از ظرف‌های نانو باعث حفظ بهتر ویتامین ث در مدت انبارداری شد. به نظر می‌رسد در بسته‌های نانو به دلیل پایین بودن سطح اکسیژن زیان‌های آسکوربیک اسید به‌وسیلهٔ اکسید شدن کاهش می‌یابد زیرا اکسیژن باعث اکسایش و از بین رفتن آسکوربیک اسید می‌شود و کاهش آن می‌تواند باعث حفظ آسکوربیک اسید شود (Yang *et al.*, 2010). آسکوربیک اسید یک کوفاکتور در واکنش‌های آنزیمی است که در رویارویی با تنش‌های اکسایشی پس از برداشت مصرف می‌شود و میزان آن کاهش می‌یابد (B-Gol *et al.*, 2013). تیمارهایی که باعث کاهش تنفس می‌شوند، باعث کاهش سرعت تولید رادیکال‌های آزادشده در نتیجه از کاهش محتوای ویتامین ث جلوگیری می‌کند. همچنین کاهش در محتوای آسکوربیک اسید می‌تواند باعث افزایش سطوح رادیکال‌های آزاد در میوه شود که با پلی‌ساکاریدهای دیوارهٔ یاخته‌ای واکنش داده که باعث نرم شدن و افزایش سرعت پیری می‌شوند (Fry, 1998). تأثیر مثبت بسته‌بندی نانو در حفظ میزان آسکوربیک اسید در عناب چینی نیز به اثبات رسیده است (Li *et al.*, 2009). بسته‌بندی نانو به‌طور معنی‌داری باعث حفظ ویتامین ث میوهٔ کیوی نسبت به شاهد در ۴۲ روز انبارداری سرد شده است (Hu *et al.*, 2011). همچنین ویتامین ث موجود در میوه‌های گیلاس بسته‌بندی‌شده با ظرف‌های نانو در مقایسه با ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی به‌طور معنی‌داری در مدت چهل روز انبارداری حفظ شده است (Zandinavgaran *et al.*, 2014).

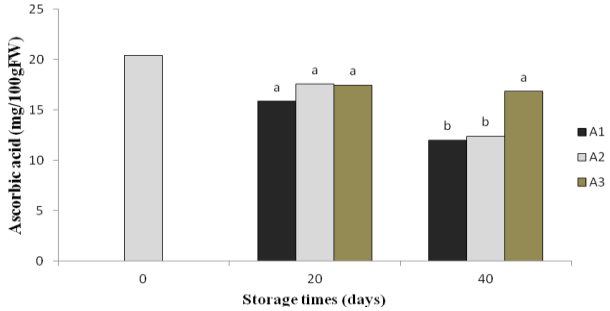



شکل ۷. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان تانن محلول میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 7. Effect of packaging and storage time on soluble tannin content of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging




شکل ۸. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان آسکوربیک اسید میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

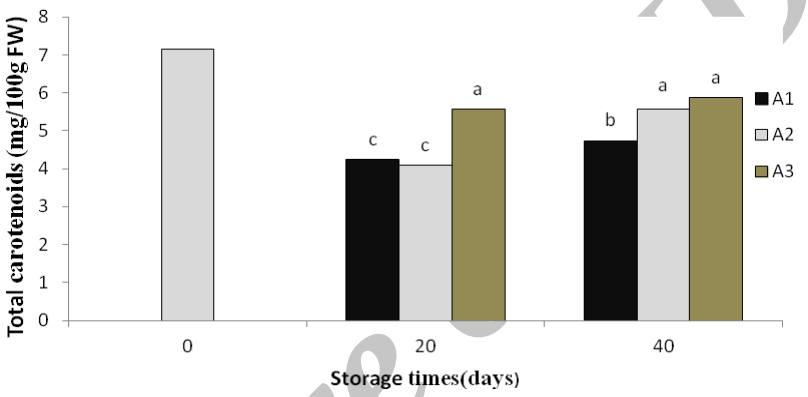
Figure 8. Effect of packaging and storage time on ascorbic acid content of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

Archive of SID

www.SID.ir

**کاروتنوئید کل**

در زمینهٔ کاروتنوئید کل هرچند اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای بسته‌بندی، مدت انبارداری و اثر متقابل آن‌ها وجود نداشت ولی بااین‌وجود میزان کاروتنوئید کل میوهٔ خرمالو بسته‌بندی‌شده به‌وسیلهٔ بسته‌بندی نانو بالاتر از بسته‌بندی پلی‌اتیلن معمولی و شاهد بود (جدول ۱). در مدت انبارداری بیست روز اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های بسته نانو با شاهد و نمونه‌های بسته پلی‌اتیلنی مشاهده شد ولی در مدت انبارداری چهل روز نمونه‌های بسته نانو و پلی‌اتیلن معمولی به‌طور معنی‌داری میزان کاروتنوئید بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند (شکل ۹). کاروتنوئید در کلروپلاست‌ها به‌عنوان رنگیزهٔ کمکی عمل می‌کنند اما نقش مهم‌تر آن‌ها نقش پاداکسندگی آن‌ها است که در تنش‌های اکسایشی پس از برداشت نقش پاداکسندگی دارند (Egert & Tevini, 2002). نتایج نشان می‌دهد، پوشش نانو تا حدودی باعث حفظ میزان کاروتنوئید کل و شاخص رنگ زمینه شده است.




شکل ۹. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان کاروتنوئید کل میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 9. Effect of packaging and storage time on total carotenoid content of persimmon fruits cv. Karaj

Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

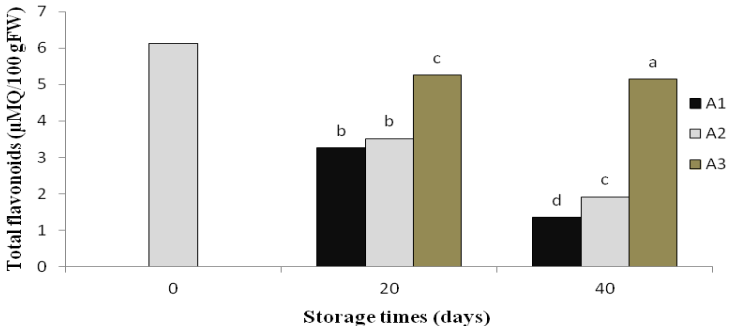
A1) Control (Without Packaging), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packageing

**فلاونوئید کل**

بنابر جدول ۱ تأثیر تیمار بسته‌بندی و مدت انبارداری و اثر متقابل آن‌ها بر میزان فلاونوئید کل میوهٔ خرمالو در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. در مدت انبارداری بیست روز نمونه‌های بسته نانو به‌طور معنی‌داری میزان فلاونوئید بیشتری نسبت به شاهد و نمونه‌های بستهٔ پلی‌اتیلن دارند، بیشترین فلاونوئید کل در مدت انبارداری چهل روز مربوط به میوه‌هایی بود که در ظرف‌های نانو نگهداری شده بودند و اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های بسته نانو با شاهد و نمونه‌های بستهٔ پلی‌اتیلن و شاهد مشاهده می‌شود (شکل ۱۰). ظرف‌های نانو بازدارندهٔ ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسیدکربن شده و در نتیجه میزان تنفس، سرعت پیری و سرعت تولید رادیکال‌های آزاد کاهش‌یافته و مصرف پاداکسنده‌ها (از جمله فلاونوئیدها) کاهش می‌یابد (Muhammad *et al*., 2009) فلاونوئیدها از پاداکسنده‌ها و متابولیت‌های ثانویهٔ مهم گیاهی هستند که نقش مهمی در از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند (Fiorentino *et al*., 2009). میزان فلاونوئید در میوه‌های نارس بیشتر از میوه‌های رسیده است (Ortuno *et al*., 1997). کاهش میزان فلاونوئید کل در مدت انبارداری نشانهٔ افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در پاسخ به تنش‌های فیزیولوژیکی ضمن رسیدن و پیری است. فلاونوئیدها ممکن است توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن، اکسید شده و تخریب شوند (Rodrigues *et al*., 2010).

Archive of SID

www.SID.ir




شکل ۱۰. تأثیر بسته‌بندی و مدت انبارداری بر میزان فلاوونوئیدکل میوهٔ خرمالو رقم کرج

حرف‌های همسان بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD هستند.

A1) شاهد (بدون بسته‌بندی)، A2) ظرف‌های پلی‌اتیلن معمولی، A3) ظرف‌های نانو سیلیکات

Figure 10. Effect of packaging and storage time on total flavonoids content of persimmon fruits cv. Karaj
Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.
A1) Control (Without Packaginge), A2) Polyethylene Packaging, A3) Nano-silicate Packaging

## نتیجه‌گیری کلی

بسته‌بندی حاوی نانو ذرات به‌طور موفقیت‌آمیزی برای نگهداری میوهٔ خرمالو رقم کرج به مدت چهل روز در دمای ۱ درجهٔ سلسیوس استفاده قرار شد. نتایج نشان داد، پوشش نانو سیلیکات در حفظ کیفیت میوه نسبت به بسته‌بندی معمولی مؤثرتر بوده است و باعث افزایش ماندگاری و حفظ خواص کیفی خرمالو شده است. به نظر می‌رسد پوشش نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی‌اکسیدکربن میزان کاهش وزن و قهوه‌ای شدن را کاهش داده و موجب حفظ تانن محلول، پاداکسندهٔ کل، آسکوربیک اسید، فلاونوئید کل شده و از تغییر بیشتر مواد جامد محلول و اسید قابل عیارسنجی جلوگیری کرده است و باعث حفظ کیفیت میوه و افزایش عمر انبارداری میوهٔ خرمالو شده است، همچنین با توجه به قیمت مناسب و تولید داخلی بسته‌بندی نانو به نظر می‌رسد استفاده گسترده آن در پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها صرفهٔ اقتصادی داشته باشد.

## سپاسگزاری

از مساعدت‌های بی‌شائبهٔ جناب آقای ایرج حسین علی‌زادهٔ بازرگان مدیرعامل شرکت نانو بسپار آیتک تهران برای تأمین بسته‌های مورد استفاده در پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## REFERENCES

1. Arnal, L. & Del Rio, M. (2004). Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L) cv. Rojo Brillante. *Food Science and Technology*, 10, 179-185.
2. Asghari, M. R., Hajitagilo. & Jalilimarandi, R. (2009). Postharvest application of salicylic acid before coating with chitosan affects the pattern of quality changes in table grape during cold storage. In: Proceedings of *16th International Postharvest Symposium*, Antalya, Turkey, pp.8-12.
3. Ashournezhad, M. & Ghasemnezhad, M. (2012). Effects of cellophane-film packaging and cold storage on the keeping quality and storage life of loquat fruit (*Eriobotrya japonica*). *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 2, 95-102. (in Farsi)
4. Bagheri, M., Esna-Ashari, M. & Ershadi, A. (2015). Effect of postharvest calcium chloride treatment on the storage life and quality of persimmon fruits (*Diospyros kaki* Thunb) cv. Karaj. *Horticultural Science and Technology*, 2, 15-26.
5. B-Gol, N., Patel, R., Rao, P. & Ramana, T. V. (2013). Improvment of quality and shelf life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan.*Postharvest Biology and Technology*, 85, 185-195.
6. Brody, A. L. (2006). Nanotechnology food packaging. *Food Technology*, 3, 92-94.
7. Damm, C., Neumann, M. & Munstedt, H. (2007). Properties of nanosilver coatings on polymethyl methacrylate. *Soft Mater*, 3, 71-88.
8. Dehghan, J. & Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)–quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 131, 422-426.

Archive of SID

www.SID.ir

9. Egert, M. & Tevini, M. (2002). Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). *Envirimental and Experimental Botany*, 48, 43-49.
10. Fiorentin, A., Dabrosca, B., Pacifico, S., Mastellone, C., Scognamiglio, M. & Monaco, P. (2009). Identification and assessment of antioxidant capacity of phytochemicals from kiwi fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 4148-4155.
11. Fry, S. C. (1998). Oxidative scission of plant cell wall polysaccharides by ascorbate-induced hydroxyl radicals. *Biochemistry Journal*, 322, 507-515.
12. Han, J., Tian, S. P., Meng, X. H. & Ding, Z. H. (2006). Response of physiologic metabolism and cell structures in mango fruits to exogenous methyl salicylate under low temperature stress. *Physiologia Plantarum*, 128, 125-133.
13. Hebert, C., Charles, M. T., Gauthier, L., Willemot, C., Khanizadeh, S. & Cousineau, J. (2002). Strawberry proanthocyanidins: biochemical markers for Botrytis cinerea resistance and shelf-life predictability. *Acta Horticulturae*, 567, 659-662.
14. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V. D. Velez, D. & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananasa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110, 428-435.
15. Hu, A. W., Fu, Z. H. (2003). Nano technology and its application in packaging and packaging machinery. *Packaging Engineering*, 24, 22-24.
16. Hu, O., Fang, Y., Yang, Y., Ma, N. & Zhao, L. (2011). Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage. *Food Research International Journal*, 44, 1589-1596.
17. Iranzo, B., Pertegaz, J. C. & Balsalobre, A. P. (1984). Characterization and measurement of astringency and tannin content in Rojo Brillanteg persimmon quality and systems. *Acta Horticulturae*, 601, 227-231.
18. Jalilimarandi, R. (2004). *Postharvest Physiology (Handling and storage of fruits, vegetables and ornamental plants)*. Publishers Jihad Urmia University. (2nd ed.). p. 276. (in Farsi)
19. Kaijv, M., Sheng, L. & Chao, C. (2006). Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. *Food Science and Technology*, 27, 110-115.
20. Khademi, O., Zamani, Z., Mostofi, Y., Kalantari, S. & Ahmadi, A. (2012). Extending storability of persimmon fruit cv. Karaj by postharvest application of salicylic acid. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1067-1074.
21. Lagaron, M. (2006). Food engineering and ingredients. *Food Chemestry*, 2, 50-51.
22. Ling, Z., Sining, L. V., Guiping, He., Qiang, He. & Bi, Shi. (2011). Effect of PE/$Ag_2O$ nanopackaging on the quality of apple slices. *Journal of Food Quality*, 34, 171-176.
23. Li, H., Li, F., Wang, L., Sheng, J., Xin, Z., Zhao, L., Xiao, H., Zheng, Y. & Hu, Q. (2009). Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 114, 547-562.
24. Manning, K. (1993). *Soft fruit [A]. In Biochemistry of fruit ripening*. (pp. 347-373). London: Chapman and Hall.
25. Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93-100.
26. Meng, X., Li, B., Liu, J. & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106, 501-508.
27. Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. (2007). Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 26-33.
28. Muhammad, J. A., Sigh, Z. & Ahmad, S. Kh. (2009). Postharvest Aloe vera gel-coating modulates fruit ripening and quality of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1024-103.
29. Oz, A. T. (2011). Combined effects of 1-methyl cyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere packaging (MAP) on different ripening stages of persimmon fruit during storage. *African Journal of Biotechnology*, 31, 807-814.
30. Ortuno, A., Reynaldo, I., Fuster, M. D., Botia, J., Puig, D. J., Sabater, F., Lindon, A. Q., Porras, I. & Del Rio, J. L. (1997). Citrus cultivars with high flavonoid contents in the fruits. *Sicentia Horticulturae*, 68, 231-236.
31. Rodrigues, A. S., Perez-Gregorio, M., Falcon, M. G., Gandara, J. S. & Almeida, D. P. (2010). Effect of post-harvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars. *Food Control*, 21, 878-884.
32. Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A. & Cuquerella, J. (2004). Reduction of Chilling Injury Symptoms in Persimmon Fruit cv.Rojo Brillante by 1-MCP. *Postharvest Biology and technology*, 33, 285-291.


Archive of SID

www.SID.ir

33. Silvestre, C. & Duraccio, D. (2011). Food packaging based on polymer nano-materials. *Polymer Science Journal*, 110, 775-795.
34. Sanchis, E., Gonzalez, S., Ghidelli, Ch., Sheth, C., Mateos, M., Palou, L. & Perez-Gago, M. B. (2015). Browning inhibition and microbial control in fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Rojo Brillante) by apple pectin-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 186-193.
35. Spinardi, A. M. (2005). Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae*, 682, 1125-1134.
36. Taira, S. (1996). Linskens, H. F. & Jackson, J. F (Eds). *Astringency in Persimmon. In: "Modern Method of Plant Analysis, Fruit Analysis"*. (pp. 97-110.) Springer-Verlang, Berlin.
37. Taira, S., Ono, M. & Matsumoto, N. (1997). Reduction of persimmon Astringency by complex formation between pectin and tannin. *Postharvest Biology and Technology*, 12, 265-271.
38. Utracki, L. A. (2004). *Clay-containing polymeric nanocomposites*, Vols. 1 and 2 (pp.206-318) Rapra Technology.
39. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. & Archbold, D. D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock protein of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 224-251.
40. Wang, Z., Ying, T., Bao, B. & Huang, X. (2005). Characteristics of fruit ripening in tomato mutant epi. *Journal of Zhejiang University Science*, 6, 502-207.
41. Yaman, O. & Bayoindirli, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf life and quality of cherries. *Lebensmittel- Wissenchaft and Technologie*, 35, 146-150.
42. Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zaho, L. Y., Zheng, Y. H. & Hu, Q. H. (2010). Effect of nano packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during Storage at 4 ºC. *Journal of Food Science*, 75, 236-240.
43. Zandi, K. H., Weisany, W., Ahmadi, H., Bazargan, I. & Naseri, L. (2013). Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of strawberry during storage. *Environment Pharmacology and Life Sciences*, 2(5), 28-36.
44. Zandinavgaran, Kh., Naseri, L. & Esmaiili, M. (2014). Effect of packaging material containing nano-silver and silicate clay particles on postharvest quality attributes of sweet cherry cv. Syaahe Mashhad. *Iranian Journal Food Science and Technology*, 24, 89-102. (in Farsi)
45. Zhou, L., Sining, L. V., Guiping, H. E., Qiang, H. E. & Bi, Shi. (2011). Effect of PE/AG2O nano-packaging on the quality of apple slices. *Journal of Food Quality*, 34, 171-176.

Archive of SID

www.SID.ir