مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۶ شماره ۲ صفحه‌های ۱۴۹ تا ۱۶۴ (۱۴۰۴)
مقاله پژوهشی

بهبود ویژگی‌های زیست‌شیمیایی میوه فیسالیس بدون غلاف با کاربرد پس از برداشت کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرول

Improvement of Biochemical Characteristics of *Physalis peruviana* L. Fruit Without Calyx by Post-Harvest Application of Nanocellulose/Carvacrol Composite

لیلا فریدونی، عبداله احتشام نیا، حسن مومیوند و محمدرضا راجی

گروه علوم باغبانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۰

چکیده

ایمنی مواد غذایی یکی از مسائل مهم مربوط به محصولات کشاورزی با قابلیت انبارداری مانند میوه‌های تازه است. بسیاری از ترکیب‌های طبیعی تجزیه‌پذیر هستند و می‌توانند به‌عنوان ترکیب‌های ایمن برای سلامتی انسان و محیط زیست و همچنین جایگزینی برای ترکیب‌های مصنوعی باشند. بدین منظور، اثر کاربرد پس از برداشت کارواکرول و نانوسلولز (Car 0.3%، Car 0.6%، CNF 0.5%، CNF 1.5%، Car 0.3+ CNF 0.5، Car 0.6+ CNF 0.5، Car 0.3+ CNF 1.5 و Car 0.6+ CNF 1.5) بر برخی ویژگی‌های میوه فیسالیس در زمان‌های مختلف (۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز انبارمانی) ارزیابی شد. بر اساس نتایج، با کاربرد تیمار کاواکرول، در روز ۴۵ام بیش‌ترین محتوای فنول کل (۳۳/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه)، مواد جامد محلول (۱۸/۶ درجه بریکس)، pH (۳/۸۸) و ویتامین ث (۸۴/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه) به دست آمد و در تیمارهای ترکیبی نانوکامپوزیت سلولز/کارواکرول، بالاترین محتوای فلاونوئید کل (۰/۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۸۶/۵۶ درصد)، اسیدیته قابل تیتراسیون (۰/۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) و کاروتنوئید (۳۳۶/۱۸ میکروگرم در گرم وزن تازه) ثبت گردید. با توجه به نتایج حاصل، کاربرد پوشش زیست‌تخریب‌پذیر نانوسلولز و کارواکرول می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد ایمن برای جلوگیری از اختلالات فیزیولوژیکی و حفظ کیفیت میوه فیسالیس بدون غلاف توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پوشش‌دهی، فیسالیس، کاروتنوئید.

مقدمه

میوه فیسالیس[۱] از تیره سیب زمینی سانان[۲] به دلیل طعم، بافت و رنگ منحصر به فرد آن، یک محصول بسیار ارزشمند است (Oliveira *et al*., 2016). این میوه منبع غنی از پیش‌ماده ویتامین آ، مواد معدنی به ویژه فسفر، مقدار کمی کلسیم، پروتئین خام، ویتامین ث و ویتامین‌های گروه ب (تیامین[۳]، نیاسین[۴] و ب۱۲) (Ramadan and Moersel, 2007) و دارای طعم ترش و شیرین و ارزش غذایی بالایی می‌باشد (Sharma *et al*., 2015). از آنجایی که ریزمیوه‌هایی مانند فیسالیس، تازه مصرف می‌شوند و همچنین به دلیل حساسیت آن‌ها به عوامل بیماری‌زای فساد، اختلالات فیزیولوژیکی و آسیب مکانیکی، ماندگاری بسیار کوتاهی دارند، این امر ممکن است به تجمع باکتری‌های منتقله کمک کند و باعث ایجاد خطر ایمنی برای مصرف‌کنندگان شود (Duduk *et al*., 2015). تحقیقات مختلف نشان داده که کاربرد ترکیباتی از جمله متیل جاسمونات موجب حفظ کیفیت میوه فیسالیس شده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه را در مرحله پس از برداشت حفظ می‌کند (Moussa *et al*., 2020). همچنین گزارش شده که

۱- *Physalis peruviana* ۲- Solanaceae ۳- Thiamine ۴- Niacin

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

کاربرد عناصری مانند کلریدپتاسیم و کلسیم و ترکیباتی از جمله نیتریک اکسید در مرحله پس از برداشت، اثر مثبتی بر افزایش عمر انبارمانی میوه فیسالیس داشته است (Peivand *et al.*, 2018).

امروزه یکی از زمینه‌های مهم کشاورزی و باغبانی ارگانیک که توجه زیادی را به خود جلب کرده است، استفاده از ترکیب‌های طبیعی و سازگار با گیاه، طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصول است که به این ترتیب، نه تنها محصول بدون استفاده از مواد شیمیایی خطرناک و مضر تولید می‌شود، بلکه دارای ارزش غذایی و دارویی بالاتری خواهد بود. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد طبیعی هستند که ممانعت قوی در مقابل انتقال رطوبت و اکسیژن بین میوه و محیط اطراف آن ایجاد می‌کنند (Tatari & Shekarian, 2014) و با کاهش نرخ تنفس میوه‌ها، زمان ماندگاری آن‌ها را افزایش می‌دهند و برای انسان بی‌خطر هستند (La *et al.*, 2021). به منظور بهبود ویژگی‌های کیفی و حسی مواد غذایی بسته‌بندی شده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود. نقش این مواد به‌عنوان محافظ اجزای مختلف مانند رنگ‌ها، طعم‌دهنده‌ها، شیرین‌کننده‌ها، مواد ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد (Hassan *et al.*, 2017). براساس مواد تشکیل‌دهنده، فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به سه گروه پوشش‌های هیدروکلوئیدی[۱] (پروتئین و پلی‌ساکارید)، پوشش‌های لیپیدی و پوشش‌های مرکب تقسیم می‌شوند، که این مواد به‌طور معمول از گیاهان مشتق شده، پایدار بوده و دوست‌دار محیط زیست هستند. سلولز، یکی از فراوان‌ترین بیوپلیمرهای پلی‌ساکاریدی[۲] موجود در زمین است که می‌توان آن را از گیاهان طبیعی، چوب، بقایای کشاورزی، زباله‌های صنعتی، باکتری‌ها و جلبک‌ها استخراج کرد. در واقع، سلولز با موفقیت از برنج، گندم، دانه انبه، پوست بادام زمینی، ساقه پنبه و پوست مرکبات استخراج شده است (Sharmila *et al.*, 2020).

نانوسلولز[۳] یک اصطلاح کلی است که بر اساس اندازه و روش تهیه، به دو دسته نانوالیاف سلولز و نانو کریستال سلولز تقسیم می‌شود. ابعاد نانوکریستال سلولز به منابع سلولزی بستگی دارد و به‌طور کلی طول آن‌ها ۱۰۰-۵۰۰ نانومتر است (Mao *et al.*, 2019). نانوسلولز دارای بلورینگی بالا، درجه پلیمریزاسیون[۴] بالا، استحکام مکانیکی بالا، چگالی کم، زیست‌سازگاری، عدم سمیت، زیست تخریب‌پذیری، خاصیت کششی زیاد، احیاکننده بیوپلی‌مرها[۵]، سطح ویژه بالا، شفافیت بالا و به دلیل وجود تعداد زیادی از گروه‌های هیدروکسیل[۶]، به شدت واکنش‌پذیر می‌باشد و می‌تواند به هم متصل شده و یک شبکه گسترده را از طریق پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی و درون مولکولی سازماندهی کند (Tan *et al.*, 2019) و انتخاب خوبی برای مواد کامپوزیتی[۷] کاربردی است (Wang *et al.*, 2019). در مقابل، به علت اینکه به‌طور طبیعی خاصیت آب‌دوستی دارند، مانع حفاظتی خوبی برای رطوبت نخواهند بود (Hassan *et al.*, 2017)، که یک راهکار برای بهبود این ویژگی، ترکیب آن‌ها با مواد آبگریز مانند روغن‌های ضروری (اسانس) است. بنابراین، استفاده از اسانس در صنایع غذایی در حال توسعه است، همانطور که می‌تواند به‌طور مستقیم به محصولات خوراکی اضافه شود و یا برای بسته‌بندی فعال و پوشش‌های خوراکی استفاده شود (Amorati *et al*, 2013). اسانس‌ها سالیان زیادی است که در موارد مختلف برای اهداف دارویی و بهداشتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و دارای اثرات ضد افسردگی، محرک، سم‌زدایی، ضد باکتری، ضدویروسی و خواص آرام بخش، اخیرا به‌عنوان یک درمان طبیعی، ایمن و مقرون به صرفه محبوبیت پیدا کرده‌اند (Mahato *et al.*, 2019). کارواکرول[۸] (۲-متیل-۵-ایزوپروپیل فنول) با فرمول شیمیایی ($C_{10}H_{14}O$) یک فیتوکمیکال[۹] مشتق شده از گیاهان معطر مانند پونه کوهی، آویشن و مرزه است. مایع قهوه‌ای رنگ عملاً نامحلول در آب و بسیار محلول در اتانول (۹۶٪) است. کارواکرول یک فنولیک مونوترپن[۱۰] و یک ایزومر مشتق شده از فنول[۱۱] می‌باشد. فعالیت بیولوژیکی[۱۲] زیست فعالی متفاوت کارواکرول را از جمله آنتی‌باکتریال[۱۳]، آنتی‌اکسیدان[۱۴]، ضدعفونی‌کننده، ضداسپاسم، محرک رشد، ضدقارچ، ضدویروسی، ضدالتهابی، خلط آور، ضدسرفه و شیمی‌درمانی پیشگیری‌کننده شرح داد (Soltanab *et al.*, 2011). در واقع، به دلیل طعم قوی اسانس، استفاده مستقیم از آن‌ها معمولاً محدود است. بنابراین، اسانس را می‌توان به پوشش‌های خوراکی اضافه کرد که به‌عنوان یک بسته‌بندی مواد غذایی جایگزین برای بهبود ایمنی و کیفیت مواد غذایی پیشنهاد شده است (Acevedo-Fani *et al.*, 2015).

۱- Hydrocolloid ۲- Polysaccharide biopolymers ۳- Nanocellulose ۴- Polymerisation ۵- Biopolymers
۶- Hydroxile ۷- Composite ۸- Carvacrol ۹- Phytocheical ۱۰- Monoterpene ۱۱- Phenol ۱۲- Biological
۱۳- Antibacterial ۱۴- Antioxidant

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

در همین راستا، بررسی حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش بار میکروبی آریل انار با استفاده از کیتوسان غنی شده با کارواکرول نشان داد که فیلم به کار رفته سبب حفظ معنادار آنتوسیانین به مدت ۱۶ روز پس از انبارمانی شد و فیلم‌های حاوی دو درصد کیتوسان و یک درصد اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش داد (Iraqi *et al*., 2021). در پژوهش سیلوا و همکاران (Silva *et al*., 2020) نشان داده شد که کاربرد اسانس علف لیمو در ترکیب با نانوسلولز در حفظ میوه‌های شاه توت و کاهش روند برگشت رنگ، تا شش روز نگهداری موثر بوده است. استفاده از نانوسلولز و پکتین تقویت شده با نانوسلولز موجب کاهش نرخ تنفس و کاهش وزن میوه فیسالیس در طول نگهداری شد (Cardenas-Barboza *et al*., 2021). در پژوهشی، Pizato و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که در توت فرنگی‌های تیمار شده با کیتوسان/کارواکرول به ترتیب ۱۳/۷۸ و ۱۳/۵۱ درصد نسبت به شاهد، کاهش وزن کم‌تری نشان دادند و بررسی سایر ویژگی‌ها از جمله سفتی بافت و مواد جامد محلول نیز نشان دهنده تاثیر مثبت پوشش بر این پارامترها بود. بر همین اساس، تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوکامپوزیت[۱] سلولز/کارواکرول خالص حاصل از گیاه مرزه خوزستانی بر برخی ویژگی‌های میوه فیسالیس انجام شد.

مواد و روش‌ها

روش اجرای طرح

آزمایش در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی لرستان در شهرستان خرم‌آباد با طول جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا، انجام شد. برای انجام این آزمایش، ابتدا برگ‌های اضافی و میوه‌های آسیب دیده جدا گردید، سپس میوه‌ها جهت بسته‌بندی ابتدا با آب مقطر شست و شو داده شدند، پس از جداسازی و یکنواخت شدن نمونه‌ها از نظر اندازه و شکل، غلظت‌های مختلف نانوسلولز و کارواکرول (صفر، ۰/۳ و ۰/۶ درصد) به صورت مستقل و ترکیبی به‌صورت تازه تهیه شده و میوه‌ها به مدت ۳-۲ دقیقه داخل سوسپانسیون نانوسلولز یا کارواکرول قرار داده شدند. همچنین قبل از استفاده، نانوسلولز و ترکیب آن با کارواکرول در حضور گلیسرول به‌عنوان نرم کننده آبدوست، به مدت ۲۰ دقیقه با دستگاه التراسونیک[۲] با دمای ۲۵ درجه سلسیوس جهت پراکندگی بهتر نانو ذرات، سونیک شدند. سپس به‌منظور خشک کردن، میوه‌ها در معرض جریان هوای تازه قرار داده شدند. در نهایت، میوه‌های فیسالیس با وزن حدود ۲۵۰-۲۰۰ گرم (۹ میوه در هر ظرف) در هر واحد آزمایشی برای هر تکرار در نظر گرفته شد. در نهایت، بسته‌های حاوی میوه‌ها در سردخانه با دمای چهار درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد قرار داده شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل دو فاکتور، فاکتور اول نوع ماده در غلظت مشخص در نه سطح (شاهد (Control)، کارواکرول ۰/۳ درصد (Car 0.3%)، کارواکرول ۰/۶ درصد (Car 0.6%)، نانوسلولز ۰/۵ درصد (CNF 0.5%)، نانوسلولز ۱/۵ درصد (CNF 1.5%)، ترکیب نانوسلولز ۰/۵ درصد با کارواکرول ۰/۳ درصد (Car 0.3+ CNF 0.5)، ترکیب نانوسلولز ۰/۵ درصد با کارواکرول ۰/۶ درصد (Car 0.6+ CNF 0.5)، ترکیب نانوسلولز ۱/۵ درصد با کارواکرول ۰/۳ درصد (Car 0.3+ CNF 1.5)، ترکیب نانوسلولز ۱/۵ درصد با کارواکرول ۰/۶ درصد (Car 0.6+ CNF 1.5) و فاکتور دوم زمان انبارمانی شامل روز صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ با چهار تکرار اجرا گردید.

تهیه عصاره

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیتوشیمیایی (فنول[۳] و فلاونوئید[۴] کل و فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH)، یک گرم بافت میوه تازه (پوست و گوشت) در نه میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به مدت سه دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس به کمک هموژنایزر[۵] التراسونیک کاملا ترکیب و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ[۶] (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) شد. در نهایت عصاره به‌دست آمده در دمای ۲۰- درجه سلسیوس برای مراحل بعدی نگه‌داری شد (Gheysarbigi *et al*., 2020).

محتوای فنول کل

۳۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با دو میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب و ۲۵۰ میکرولیتر معرف فولین (۱۰ درصد) به آن اضافه شد و پس از دو دقیقه، ۲۵۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۷/۵ درصد (۷/۵ گرم کربنات سدیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل

۱- Nanocomposite ۲- Ultrasonic ۳- Phenol ۴- Flavenoid ۵- Homogenizer ۶- Centrifuge

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

شد) به آن اضافه گردید. محلول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و در نهایت، در شرایط تاریکی، جذب نوری نمونه در طول موج ۷۶۰ نانومتر (بلانک متانول) با دستگاه اسپکتروفتومتر[۱] (UV-3200, MAPADA, Shanghai-China) تعیین و نتایج به‌صورت میلی‌گرم در گرم وزن تازه بیان گردید (Singleton *et al.*, 1999).

محتوای فلاونوئید کل

برای این منظور از روش رنگ‌سنجی کمی استفاده شد، ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با استفاده آب مقطر به حجم نهایی پنج میلی‌لیتر رسانده و سپس ۳۰۰ میکرولیتر نیتریت سدیم پنج درصد به آن اضافه شد. بعد از پنج دقیقه، ۶۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم دو درصد به آن اضافه گردید. پس از شش دقیقه، دو میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار و دو میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر (بلانک متانول) با دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد و سپس مقدار فلاونوئید کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تازه بیان شد (Gheysarbigi *et al.*, 2020).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (فعالیت به دام اندازی DPPH)

این ویژگی براساس ظرفیت عصاره برای احیای رادیکال DPPH (۲، ۲- دی‌فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) ارزیابی شد. به این منظور، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به ۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۵ میلی مولار) اضافه و سپس به مدت ۶۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق قرار داده شد. میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل شاهد (۱۰۰ میکرولیتر متانول و ۹۰۰ میکرولیتر DPPH) ثبت و در نهایت فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کمک فرمول زیر به دست آمد (Gheysarbigi *et al.*, 2020):

$$\text{DPPH (\%)} = \left[\frac{A1 - A2}{A1}\right] * 100$$

DPPH: درصد بازدارندگی رادیکال آزاد، A_1: میزان جذب DPPH، A_2: میزان جذب عصاره

ویتامین ث

محتوای ویتامین‌ث مطابق با روش تیتراسیون ۲،۶–دی‌کلروفنول‌ایندوفنول برآورد شد. ابتدا ۵ گرم میوه در ۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲ گرم در میلی‌لیتر محلول اسیداگزالیک همگن شد و سپس در ۱۵۰۰۰ دور به مدت ۱۵دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. سپس مایع‌رویی (۱۰ میلی‌لیتر) با ۰/۱ درصد ۲،۶–دی‌کلروفنول‌ایندوفنول به رنگ صورتی دائمی تیتر شد. غلظت ویتامین ث با توجه به حجم تیتراسیون ۲،۶ دی‌کلروفنول‌ایندوفنول طبق رابطه زیر و به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه بیان شد (He *et al.*, 2018):

$$AA = (V \times F \times Y \times 100)/(W \times T)$$

AA: میزان آسکوربیک اسید در هر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، V: میلی‌لیتر ایندول فنول مصرف شده در تیتراسیون، F: عامل ایندوفنول که برای محلول استاندارد اسیدآسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y: میلی‌لیتر حجم مخلوط میوه و اسیداگزالیک، W: گرم وزن نمونه، T: میلی‌لیتر حجم نمونه

مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول فیسالیس در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. ابتدا میوه‌های فیسالیس به روش Ehtesham Nia و همکاران (۲۰۲۲)، با همزن مکانیکی به‌طور کامل و یکدست مخلوط شدند تا پوره همگن میوه بدست آمد. با استفاده از رفراکتومتر[۲] (ATAGO مدل ان یک، ژاپن) مقدار مواد جامد محلول نمونه‌ها براساس درجه بریکس ثبت شد.

pH

میزان pH آب میوه با استفاده از دستگاه pH سنج (مدل ۳۲۲۰) اندازه‌گیری شد. در هر نوبت اندازه‌گیری ابتدا دستگاه با بافرهای چهار و هفت کالیبره شد. ۵ گرم از میوه جدا و کاملا له گردید و سپس ۵۰ سی سی آب مقطر به آن اضافه گردید و پس از قرار دادن الکترود دستگاه و پس از ثابت شدن عدد نمایش داده شده، میزان pH ثبت گردید (Ehtesham Nia *et al.*, 2022).

۱- Spectrophotometery ۲- Refractometer

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

اسیدهای قابل تیتراسیون

پنج گرم از مخلوط پوره میوه در بشر کوچکی ریخته و با اضافه کردن آب مقطر به حجم ۵۰ رسانده شد. از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن pH به ۸/۱ استفاده گردید و در نهایت اسیدیته قابل تیتر به صورت گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره (پوره رقیق شده) بیان شد (Said *et al.*, 2020).

کاروتنوئید[1] کل

یک گرم نمونه تازه فیسالیس، با استفاده از ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد خرد و ساییده شد تا مخلوط هموژنی به دست آمد. یک میلی‌لیتر از مخلوط حاصل با نه میلی‌لیتر استون مخلوط و به مدت ۱۵ دقیقه در دور ۸۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس فاز رویی برای اندازه‌گیری کاروتنوئید کل مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، جذب محلول در طول موج ۴۸۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد و مقدار کاروتنوئید کل بر حسب میکروگرم بر گرم با استفاده از فرمول Gross محاسبه گردید (Arnon, 1949):

$$\text{Cartenoids} = \frac{\text{A} \times \text{V} \times 10^6}{\text{A}_{1\text{cm}}^{1\%} \times 100 \times \text{W}}$$

A: جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۰ نانومتر، V: حجم کل عصاره، $A_{1cm}^{1\%}$: جذب محلول یک درصد در ضریب خاموشی ۲۵۰۰، W: وزن نمونه بر حسب گرم

کاهش وزن میوه

در ابتدای آزمایش، نمونه‌هایی که برای این آزمون انتخاب شدند به‌طور جداگانه و ثابت در یک ظرف برچسب‌گذاری شده نگهداری شدند. از هر ظرف سه میوه انتخاب گردید که در نهایت نه میوه برای سه تکرار بررسی شد. در روز اول پس از تهیه تیمارها وزن اولیه نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ مدل GE120 اندازه‌گیری شد. در روزهای دیگر وزن نمونه‌ها اندازه‌گیری و اختلاف میان وزن نمونه‌ها در روزهای مختلف با روز پایانی بیانگر میزان کاهش وزن بود که به‌صورت درصد کاهش وزن بیان شد (Gheysarbigi *et al.*, 2020).

$$Weight\ loss = \frac{[W1 - W2]}{W1} * 100$$

W_1= وزن نمونه در ابتدای آزمایش، W_2=وزن نمونه در انتهای آزمایش

واکاوی آماری

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل طرح‌ریزی شد. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده، از نرم افزار SAS و همچنین از آزمون دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها در سطح پنج درصد استفاده شد.

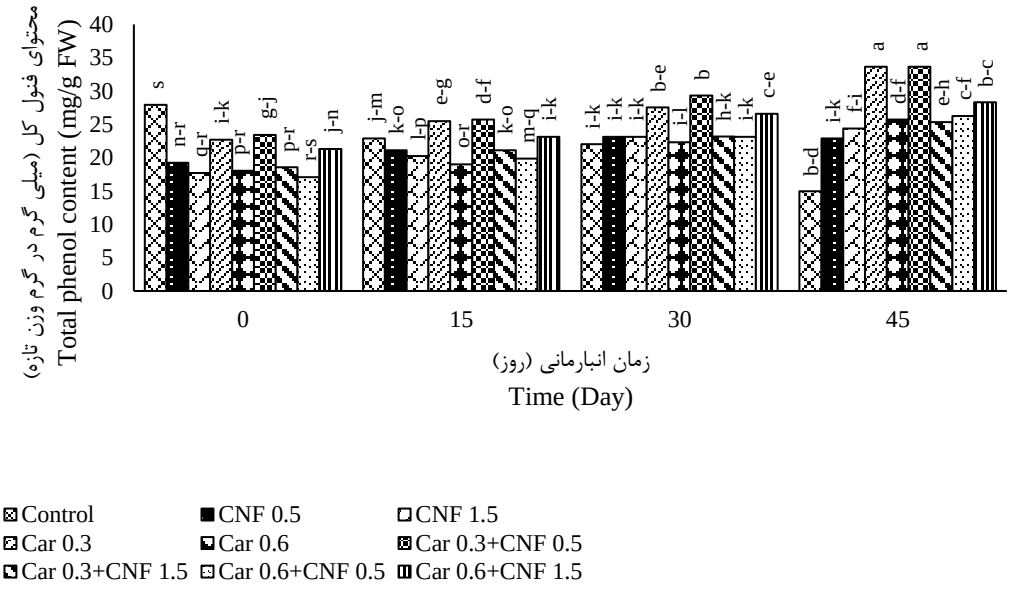
نتایج

محتوای فنول کل

تجزیه واریانس اثر ساده و متقابل تیمار و زمان انبارمانی بر محتوای فنول کل میوه فیسالیس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که با گذشت زمان انبارداری محتوای فنول کل در تیمار شاهد کاهش یافته است، اما در نمونه‌های تیمار شده، روند متفاوتی در روزهای صفر و ۱۵ با روزهای ۳۰ و ۴۵ مشاهده شد (شکل ۱). در روز صفر، نمونه‌های تیمار شده کاهش محتوای فنول کل را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند، درحالی‌که در روز ۳۰ و ۴۵ام اندازه‌گیری این روند تغییر یافت و در نمونه‌های تیمار شده سطح بالاتری از محتوای فنول به دست آمد. بطور کلی، بیش‌ترین محتوای فنول کل مربوط به Car 0.3% و Car 0.3+ CNF 0.5% با میانگین ۳۳/۶۴ میلی‌گرم در گرم وزن تازه در روز ۴۵ام و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار شاهد در روز پایانی با میانگین ۱۴/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه بود (شکل ۱).

۱- Cartenoied

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

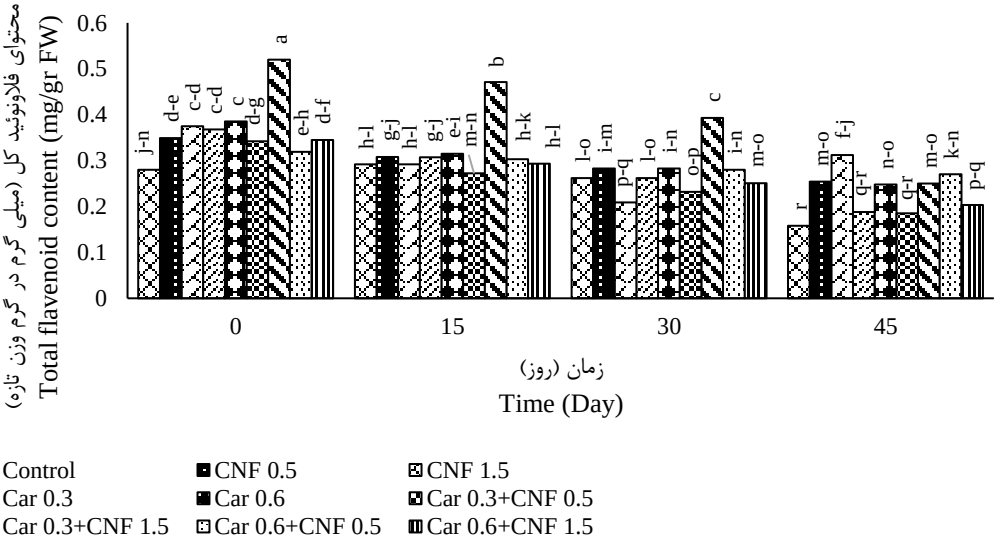


شکل ۱- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر محتوای فنول کل میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 1. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on total phenol content of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

محتوای فلاونوئید کل

بررسی تجزیه واریانس نشان داد که محتوای فلاونوئید کل تحت تاثیر اثرات ساده و متقابل تیمار و زمان انبارمانی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمار و زمان انبارداری، محتوای فلاونوئید در روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کاهش یافت، اما در اکثر نمونه‌های تیمار شده افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۲). در روزهای صفر، ۱۵ و ۳۰ام پس از برداشت، تیمار Car 0.3+ CNF 1.5% بالاترین میزان فلاونوئید را نسبت به سایر تیمارها نشان داد و در روز ۴۵ام، تیمار CNF 1.5% موجب افزایش بیش‌تر محتوای فلاونوئید گردید. بیش‌ترین محتوای فلاونوئید کل (۰/۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) مربوط به تیمار Car 0.3+ CNF 1.5% در روز صفر انبارداری و کم‌ترین میزان (۰/۱۵ میلی‌گرم در گرم وزن تازه) مربوط به تیمار شاهد در روز ۴۵ام انبارداری بود (شکل ۲).



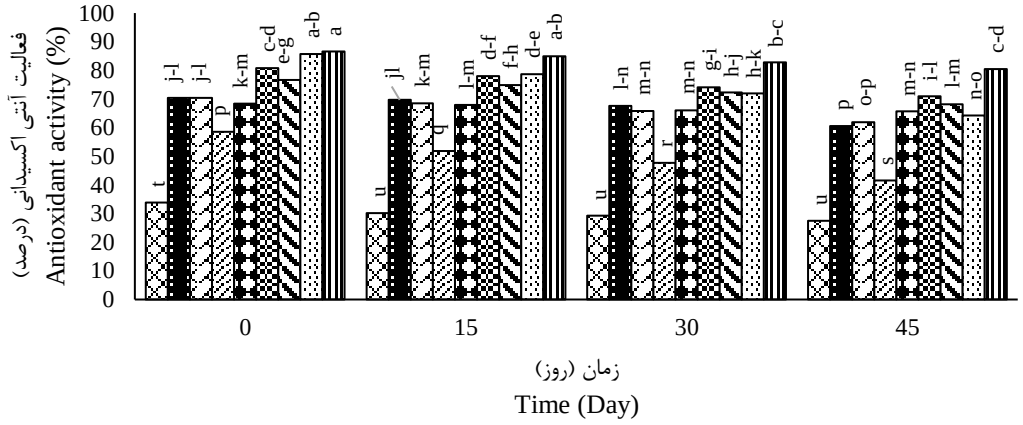
شکل ۲- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر محتوای فلاونوئید کل میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 2. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on total flavenoid content of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

براساس نتایج تجزیه واریانس جدول اثر ساده و متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه فیسالیس در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه با افزایش تعداد روزهای پس از برداشت کاهش یافت، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ برای تیمار شاهد وجود نداشت (شکل ۳). تیمارهای نانوسلولز، کارواکرول و کامپوزیتی افزایش معنی‌داری در این پارامتر نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب در تیمارهای Car 0.6+ CNF 1.5% و تیمار شاهد (۸۶/۵ و ۲۷/۵ درصد) در صفر و ۴۵ روز بعد از انبارمانی مشاهده شد.



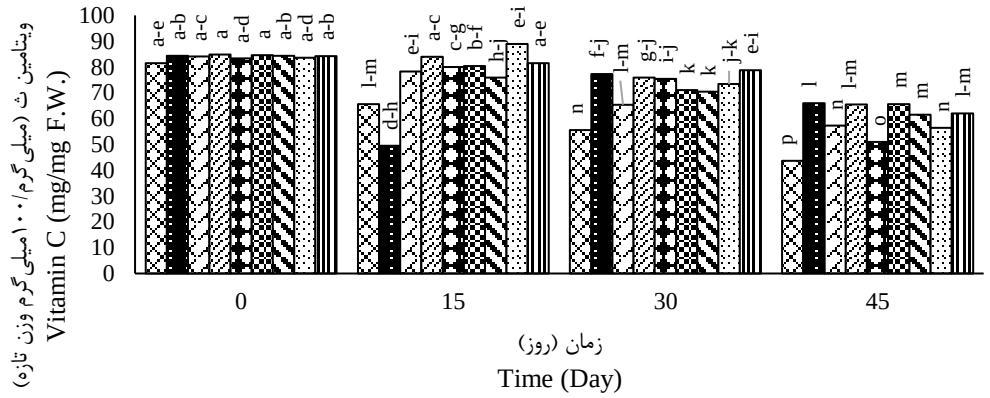
شکل ۳- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 3. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on antioxidant activity of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

ویتامین ث

نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد بر میزان ویتامین ث معنی‌دار شد. بررسی مقایسات میانگین نشان دهنده کاهش ویتامین ث در مدت انبارمانی بود. نتایج اثرات متقابل نشان داد که تیمارهای مورد استفاده، اثر معناداری بر میزان ویتامین ث داشته و موجب افزایش این پارامتر در تمام مراحل اندازه‌گیری شدند (شکل ۴). تیمار Car 0.3% در روز صفر، بیش‌ترین میزان ویتامین ث (۸۴/۹ میلی‌گرم ویتامین در میلی‌لیتر آب میوه) و تیمار شاهد در روز ۴۵ام پس از برداشت کم‌ترین میزان ویتامین ث (۴۳/۷ میلی‌گرم ویتامین در میلی‌لیتر آب میوه) را به خود اختصاص دادند (شکل ۴).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

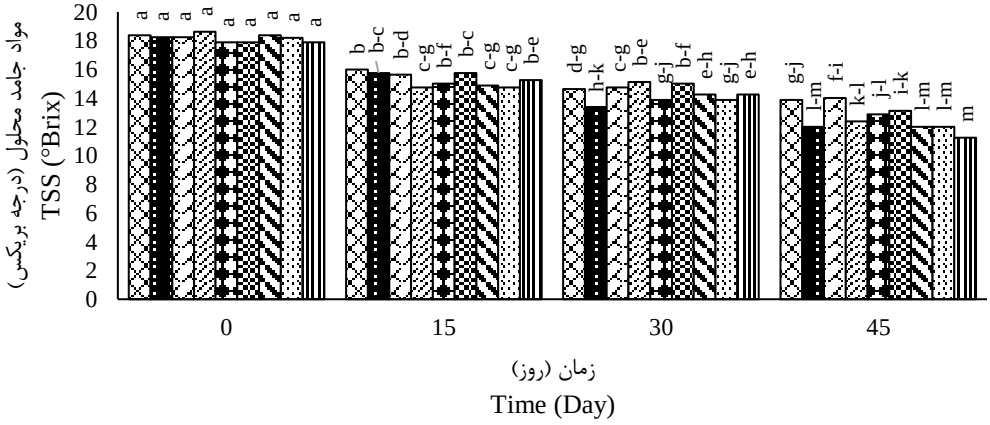


شکل ۴- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر ویتامین ث میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 4. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on vitamin C of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

مواد جامد محلول

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمار و مدت زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثرات متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسات میانگین نشان داد که افزایش مدت زمان انبارمانی، مواد جامد محلول را کاهش داد، بطوریکه بالاترین میزان متعلق به Car0.3% در روز صفر اندازه‌گیری بود (۱۸/۶ درجه بریکس) که با سایر تیمارها در همین روز تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در نمونه‌های تیمار شده در روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روند متفاوتی در تغییرات مواد جامد محلول به ثبت رسید، اما بطور کلی در اکثر تیمارها کاهش مواد جامد محلول نسبت به شاهد مشاهده شد. کم‌ترین میزان مواد جامد محلول (۱۱/۲۵ درجه بریکس) متعلق به تیمار Car 0.6+ CNF 1.5% در روز ۴۵ام اندازه‌گیری بود (شکل ۵).



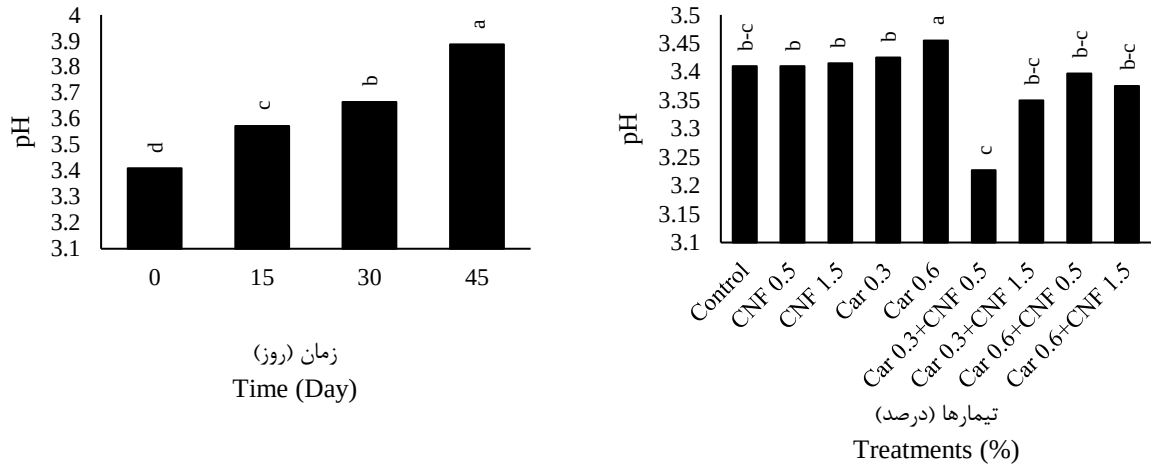
شکل ۵- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر مواد جامد محلول میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 5. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on TSS of *P* Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

pH

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر ساده تیمار و اثر ساده مدت زمان انبارمانی برای pH آب میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی برای این ویژگی معنی‌دار نشد. نتایج اثرات ساده تیمارها نشان داد که تیمارهای کارواکرول و نانوفیبریل سلولز به تنهایی موجب افزایش pH آب میوه فیسالیس شد و در تیمارهای ترکیبی، کاهش این پارامتر مشاهده شد. کم‌ترین (۳/۲۲) و (۳/۴۵) بیش‌ترین میزان pH به ترتیب متعلق به تیمارهای Car 0.3+ CNF 0.5% و Car 0.6 % بود. هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات ساده زمان انبارمانی نیز نشان دهنده افزایش pH با افزایش تعداد روز پس از برداشت بود، بیش‌ترین (۳/۸۸) و کم‌ترین (۳/۴۱) میزان برای این پارامتر در روزهای ۴۵ و صفر مشاهده شد (شکل ۶).



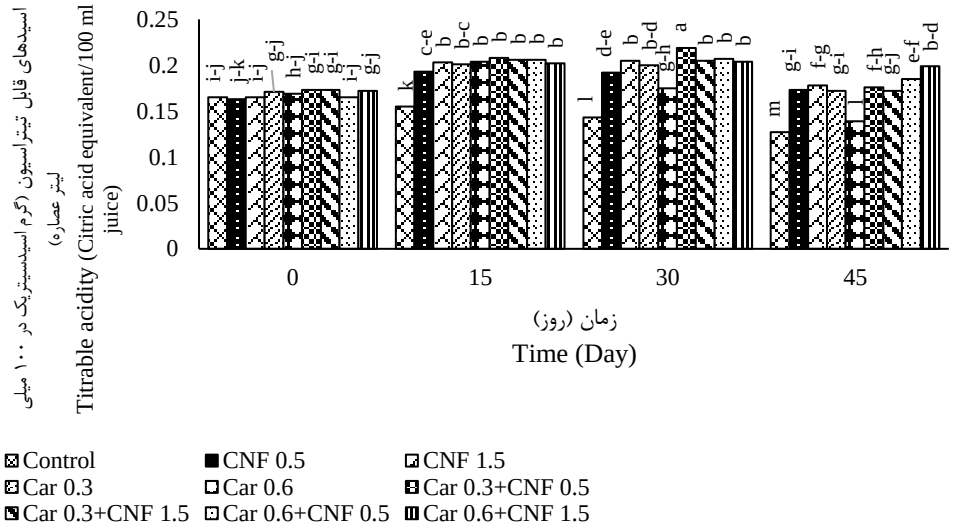
شکل ۶- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر pH میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 6. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on pH of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

اسیدهای قابل تیتراسیون

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مدت انبارداری و تیمار به طور جدا و همچنین اثرات متقابل زمان انبارمانی و تیمار، در سطح احتمال یک درصد بر پارامتر مذکور معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی نتایج به دست آمده از مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارها، اسیدیته قابل تیتراسیون در طول ۴۵ روز انبارمانی، روند کاهشی را نشان داد و کم‌ترین مقدار (۰/۱۲ گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره) هم در تیمار شاهد در همین زمان به دست آمد (شکل ۷). تیمارهای نانوسلولز و کارواکرول موجب افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون شدند. بیش‌ترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون (۰/۲۱۹ گرم اسیدسیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره) در تیمار C 0.3+CNF 0.5% در روز ۳۰ام اندازه‌گیری به دست آمد (شکل ۷).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

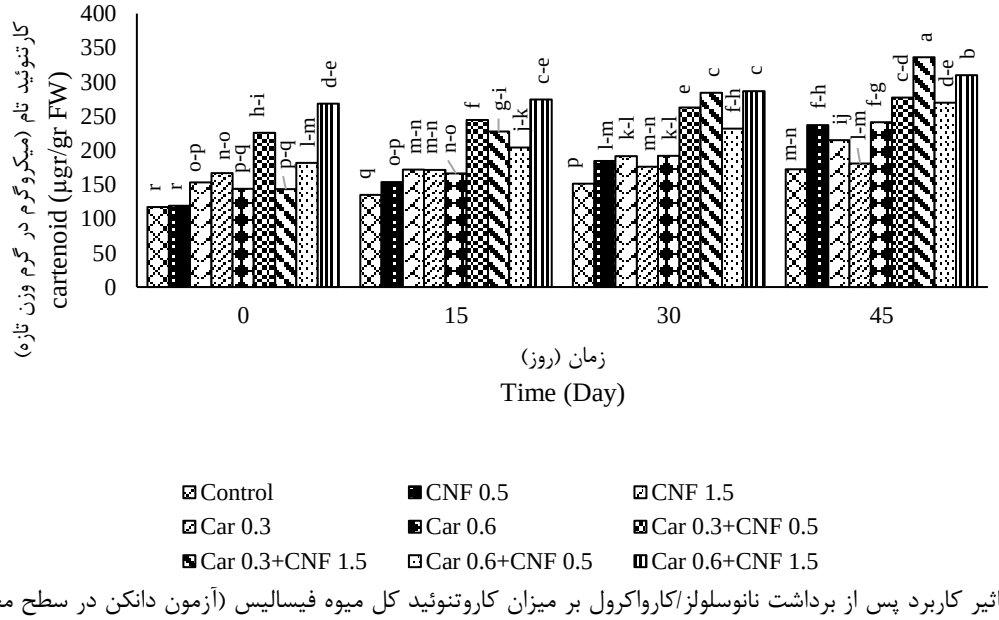


شکل ۷- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 7. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on fruit TCA content of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

کاروتنوئید کل

میزان کاروتنوئید کل تحت تاثیر معنی‌دار اثرات ساده و متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). تغییرات مشاهده شده در میزان کاروتنوئید کل در میوه فیسالیس تازه در طول انبارمانی در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش زمان انبارمانی، میزان رنگدانه کاروتنوئید به‌طور قابل توجهی در بافت پوست میوه‌های تیمار شده و شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین میزان کاروتنوئید کل در تیمار Car 0.3+ CNF 1.5% (۳۳۶/۱۸ میکروگرم در گرم وزن تازه)، در طی ۴۵ روز پس از انبارمانی، به‌دست آمد و کم‌ترین میزان، در پایان دوره انبارمانی در تیمار شاهد در روز صفر (۱۱۶/۸۱ میکرو گرم در گرم وزن تازه) مشاهده شد (شکل ۸).



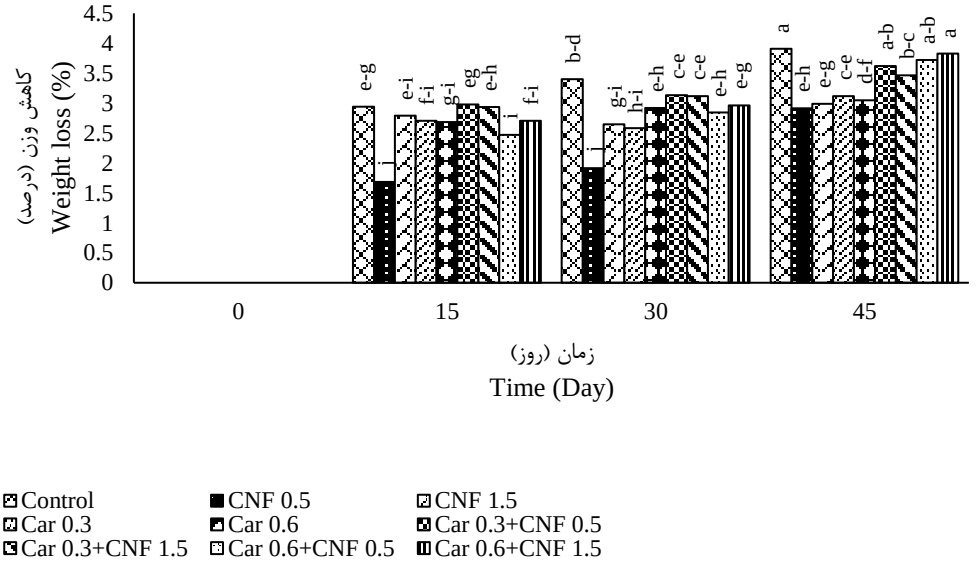
شکل ۸- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر میزان کاروتنوئید کل میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 8. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on fruit carotenoid content of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

کاهش وزن

نتایج نشان داد که مدت انبارداری و تیمارها به صورت جداگانه و همچنین اثرات متقابل زمان انبارمانی و تیمار، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان کاهش وزن داشت. مقایسات میانگین نشان داد که افزایش مدت زمان انبارمانی، درصد کاهش وزن را افزایش داد، به‌طوری‌که بالاترین درصد کاهش وزن متعلق به تیمار شاهد در روز ۴۵ام پس از انبارمانی (۳/۹۱ درصد) بود. در نمونه‌های تیمار شده با نانوسلولز، کارواکرول و کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرول، کاهش وزن کم‌تری نسبت به شاهد به دست آمد و تیمار CNF 0.5%، کم‌ترین درصد کاهش وزن (۱/۶۸۲ درصد) را در روز ۱۵ام انبارمانی نشان داد (شکل ۹).



شکل ۹- تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز/کارواکرول بر میزان کاهش وزن میوه فیسالیس (آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد).

Fig. 8. Application effect of post-harvest nanoceloluse/carvacrol on fruit weight loss content of Physalis fruit (Duncan test at 5% significance level).

بحث

میوه فیسالیس فرازگرا بوده و پس از رسیدن به بلوغ فیزیولوژیکی[۱] به صورت سبز بالغ قابل برداشت است، همچنین با توجه به اینکه رسیدن میوه در میوه‌های فرازگرا، پس از برداشت نیز ادامه یافته و میوه می‌تواند بیش از حد رسیده شود. لذا پیدا کردن مناسب‌ترین مرحله برداشت برای داشتن کیفیت مطلوب و عمر انباری کافی در چنین میوه‌هایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Mojarab *et al*., 2019). نتایج پژوهش حاضر نشان داد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیسالیس در طول مدت انبارمانی کاهش یافت، که با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Peivand *et al*., 2018). رسیدن میوه پدیده‌ای اکسایشی است که سطح گونه‌های بازفعال اکسیژن[۲] را افزایش می‌دهد، فرآیندی که به طور ژنتیکی برنامه‌ریزی شده است (Zhao *et al*., 2011). چندین تکنیک برای ارزیابی توانایی آنتی‌اکسیدانی کل استفاده می‌شود، از جمله تکنیک ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن[۳]، تکنیک ۱-دی فنیل-۲-پیکریل هیدرازیل[۴]، تکنیک ۲،۲-آزینو-بیس (۳-اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید[۵]، تکنیک کاهش آهن آنتی‌اکسیدان[۶] که DPPH به طور گسترده برای اندازه‌گیری استفاده شده است (Said *et al*., 2020). میوه‌ها منبع غنی ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که سطح ROS را در حالت ثابت حفظ می‌کنند (Kerch, 2015). علاوه بر این، فعالیت‌های مهار رادیکال DPPH و رادیکال هیدروکسیل به طور گسترده برای غربالگری آنتی‌اکسیدان‌ها استفاده شده است (Luo *et al*., 2015). آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی مولکول‌های آلی هستند که شروع واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال آزاد را سرکوب می‌کنند (Moussa *et al*., 2020). توان آنتی‌اکسیدانی نشان دهنده مهار فرآیند اکسیداسیون است (Vinha *et al*., 2014). ترکیب‌های فنولی که توسط مسیرهای فنیل

۱- Physiological ۲- Reactive Oxygen Species (ROS) ۳- ORAC ۴- DPPH ۵- ABTS ۶- FRAP
۷- Phenilpropanoid

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

پروپانوئید[۷] سنتز می‌شوند به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی برای ایفای نقش ضروری در محافظت از سلول‌ها در برابر ROS ناشی از آسیب اکسایشی در دوران پیری در نظر گرفته می‌شوند (Soori and Nezamzadeh-Ejhieh, 2018; Gao *et al.*, 2016). کاهش محتوای فنول کل در دوره ذخیره سازی با کاهش اسیدفنولیک در دوران پیری مرتبط است (Palafox-Carlos *et al.*, 2012). ترکیب‌های فنولی به عنوان آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی عمل کرده و تجمع آن‌ها در از بین بردن رادیکال‌های آزاد و حفظ سلول‌ها از آسیب اکسایشی در میوه‌ها نقش فعالی دارند (Xu *et al.*, 2010). افزایش محتوای فنول کل در میوه‌های پوشش‌دار، ممکن است با خواص آنتی‌اکسیدانی اسانس‌های بکار رفته که اکسایش ترکیب‌های فنولی را کاهش می‌دهد، مرتبط باشد (Yang *et al.*, 2010). از سوی دیگر، کاهش محتوای فنولی، در پایان دوره نگهداری، در میوه بدون پوشش می‌تواند به دلیل پیوستگی سرعت تنفس و تجزیه ساختار سلولی باشد (Zhang *et al.*, 2018). فلاونوئیدها از فراوان‌ترین فیتوکمیکال‌ها هستند و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی دارند (Ahn-Jarvis *et al.*, 2019). به‌علاوه فلاونوئیدها، متابولیت‌های ثانویه هستند که از طریق مسیر فنیل پروپانوئید تولید می‌شوند و دارای مهار قوی رادیکال‌های آزاد هستند (Kerch, 2015). نشان داده شده که در میوه انار تیمار شده با کارواکرول، سطح ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش معنی‌داری نشان داد که با نتایج پژوهش حاضر سازگار است (Iraqi *et al.*, 2021). سطح اسیدآسکوربیک در مقابله با انواع گونه‌های اکسیژن فعال و در نتیجه فعالیت برخی آنزیم‌ها (پراکسیداز[۱]، فنولاز[۲] و آسکوربیک اسیداکسیداز[۳]) به مرور زمان کاهش می‌یابد (Eshghi *et al.*, 2014). همانطور که در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد که سطح ویتامین ث طی مدت انبارمانی کاهش یافت. گزارش شده که سطح اسید اسکوربیک با رسیدن میوه به دلیل اثر مستقیم آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز (آسکوربیناز[۴]) و تغییر اسید اسکوربیک به ۲ و ۳-نیکاسید دایکتوگولو کاهش می‌یابد. با این حال، ویتامین ث بسیار ناپایدار است و سطوح آن ممکن است در معرض عوامل استرس‌زا متفاوت باشد (Zhang *et al.*, 2018). نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار با نانوکامپوزیت توانست به طور موثری از دست دادن ویتامین ث را کاهش دهد که ممکن است با خواص آنتی‌اکسیدانی پوشش‌ها که انتشار اکسیژن را کاهش می‌دهد مرتبط باشد (Aloui & Khwaldia, 2016; Marín *et al.*, 2016). در طول دوره نگهداری میوه، افزایش درصد مواد جامد محلول به دلیل افزایش فعالیت آنزیمی است (که این آنزیم مسئول تبدیل هیدرولیز[۵] نشاسته و قندهای نامحلول به قندهای محلول است) که این تبدیل منجر به تغییر مقدار کربوهیدرات‌ها[۶]، پکتین[۷] و تجزیه گلیکوزیدها[۸] به زیر واحدهای آن در طول تنفس می‌شود (Aranzana *et al.*, 2011). با کاربرد پوشش، روند پیری کاهش یافته و تولید و اثر اتیلن و تنفس بافت کاهش یافته و در نهایت منجر به حفظ بهتر مواد جامد محلول می‌شود. بنابراین، هرگونه تغییر در متابولیک[۹] بافت، موجب کاهش تولید و عمل اتیلن می‌شود (Steelheart *et al.*, 2019). کاهش مواد جامد محلول میوه‌های پوشش داده شده با از دست دادن آب از سطح میوه همراه است که به دلیل توانایی مواد پوشش دهنده در کاهش خروج آب از سطح میوه به محیط اطراف می‌باشد که در میوه توت فرنگی پوشش‌داده شده با کارواکرول گزارش گردید (Aloui & Khwaldia, 2016; Pizato *et al.*, 2022). اسیدیته ارتباط مستقیمی با غلظت اسیدهای آلی غالب آن دارد و یک پارامتر مهم در حفظ کیفیت میوه است. اسیدهای آلی برای تامین انرژی لازم برای فعالیت‌های طبیعی سلول‌ها توسط واکنش‌های تنفسی در زمان ذخیره سازی مصرف می‌شوند (Gao *et al.*, 2013). بنابراین، pH میوه نشان دهنده وضعیت میوه است و با مصرف اسید آلی در فرآیند تنفس و تبدیل آن‌ها به قندها مرتبط است. حفظ اسیدیته در میوه‌های پوشش داده شده به دلیل کاهش تغییرات اسیدهای آلی به کربن دی اکسید و آب می‌باشد، که موجب حفظ غلظت بالاتری از اسیدهای آلی می‌شود (Hong *et al.*, 2016). کاربرد پوشش نانوسلولز موجب حفظ و یا افزایش میزان کاروتنوئید در میوه فیسالیس در مقایسه با شاهد شد. کاروتنوئیدها از مشخصات ایزوپرونوئیدی هستند که فعالیت ضد اکسیداسیونی و دفع رادیکال‌های آزاد اکسیژن یکی از مهم‌ترین وظایف آن‌ها است و نقش مهمی در سلامتی انسان ایفا می‌کنند. به تاخیر انداختن پیری و به حداقل رساندن فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌گالاکتروناز[۱۰] و پلی‌فنول اکسیداز[۱۱] که این آنزیم‌ها می‌توانند موجب تخریب کاروتنوئید در مدت انبارمانی شوند، می‌تواند دلیل اصلی جلوگیری از کاهش کاروتنوئید در مدت انبارداری باشد (Gupta *et al.*, 2011).

۱- Peroxidase ۲- Phenolase ۳- Ascorbic acid oxidase ۴- Ascorbinase ۵- Hydrolysis ۶- Carbohydrate
۷- Pectine ۸- Glycosides ۹- Metabolic ۱۰- Polygalacturonase ۱۱- Polyphenoloxidase

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

نتیجه‌گیری

افزایش مدت زمان نگهداری میوه فیسالیس، موجب تغییر ویژگی‌های شیمیایی این ریزمیوه شد. طبق نتایج به‌دست آمده از پژوهش، پوشش‌دهی پس از برداشت با نانوسلولز و کارواکرول موجب حفظ ویژگی‌های مورد مطالعه گردید، در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای فنول و فلاونوئید کل، محتوای کاروتنوئید، pH و ویتامین ث بالاتر و مواد جامد محلول و مالون دی آلدئید پایین‌تری مشاهده شد. تیمار نانوکامپوزیت کارواکرول/سلولز، در بیشتر ویژگی‌ها از جمله محتوای فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اسیدهای قابل تیتراسیون، کاروتنوئید کل و مواد جامد محلول و تیمار کارواکرول در غلظت ۰/۳ درصد برای سایر ویژگی‌ها، برتری نشان دادند. بنابراین با توجه به حفظ ویژگی‌های مورد مطالعه در این آزمایش، کاربرد تیمار زیست تخریب‌پذیر کارواکرول/نانوسلولز در غلظت‌های نانوسلولز در غلظت ۱/۵ درصد در ترکیب با کارواکرول ۰/۳ و ۰/۶ درصد در مرحله پس از برداشت، به عنوان ترکیب‌هایی مفید برای حفظ ویژگی‌های میوه فیسالیس بدون غلاف به مدت ۴۵ روز مورد استفاده قرار گیرد.

منابع References

Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M. A., and Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, *47*, 168-177.

Ahn-Jarvis, J. H., Parihar, A., and Doseff, A. I. (2019). Dietary flavonoids for immunoregulation and cancer: Food design for targeting disease. *Antioxidants*, *8* (7), 202.

Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., and Firuzi. O.R. (2010). Essential oil composition of three medicinal plants from labiatae family. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable Development Opportunities and Future Challenges. *Shiraz Branch, Islamic Azad University. Shiraz, Iran*. 2010 b.

Aloui, H., and Khwaldia, K. (2016). Natural antimicrobial edible coatings for microbial safety and food quality enhancement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *15*(6), 1080-1103.

Amorati, R., Foti, M. C., and Valgimigli, L. (2013). Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(46), 10835-10847.

Aranzana, M. J., Abbassi, E. K., Howad, W., and Arús, P. (2010). Genetic variation, population structure and linkage disequilibrium in peach commercial varieties. *BMC Genetics*, *11*, 1-11.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*, *24*(1), 1.

Cárdenas-Barboza, L. C., Paredes-Córdoba, A. C., Serna-Cock, L., Guancha-Chalapud, M., and Torres-León, C. (2021). Quality of Physalis peruviana fruits coated with pectin and pectin reinforced with nanocellulose from P. peruviana calyces. *Heliyon*, *7*(9).

Carnat, A. P., Carnat, A., Fraisse, D., and Lamaison, J. L. (1998). The aromatic and polyphenolic composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L. subsp. officinalis) tea. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, *72*(5), 301-305.

Duduk, N., Markovic, T., Vasic, M., Duduk, B., Vico, I., and Obradovic, A. (2015). Antifungal activity of three essential oils against Colletotrichum acutatum, the causal agent of strawberry anthracnose. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *18*(3), 529-537.

Ehtesham Nia, A., Taghipour, S., and Siahmansour, S. (2022). Putrescine with Aloe vera gel coating improves bioactive compounds and quality of table grape under cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(10), 4085-4096.

Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Mohammadhoseini, Z., and Ahmadi, K. (2014). Effect of nanochitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

of fresh strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne) during storage. *Food and bioprocess technology*, *7*, 2397-2409.

Gao, H., Zhang, Z. K., Chai, H. K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D. N., and Cao, W. (2016). Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *118*, 103-110.

Gao, P., Zhu, Z., and Zhang, P. (2013). Effects of chitosan–glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate polymers*, *95*(1), 371-378.

Gheysarbigi, S., Mirdehghan, S. H., Ghasemnezhad, M., and Nazoori, F. (2020). The inhibitory effect of nitric oxide on enzymatic browning reactions of in-package fresh pistachios (*Pistacia vera* L.). *Postharvest Biology and Technology*, *159*, 110998.

Gupta, N., Jawandha, S. K., and Gill, P. S. (2011). Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach. *Journal of food Science and Technology*, *48*, 225-229.

Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., and Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*, *109*, 1095-1107.

He, Y., Bose, S. K., Wang, W., Jia, X., Lu, H., and Yin, H. (2018). Pre-harvest treatment of chitosan oligosaccharides improved strawberry fruit quality. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(8), 2194.

Hossain, M. S., and Iqbal, A. (2016). Effect of shrimp chitosan coating on postharvest quality of banana (Musa sapientum L.) fruits. *International Food Research Journal*, *23*(1), 277-283.

Iraqi, H., Rostgar, S., Tajuddin, B., Javan Nikkhah, M., and Askari Sarcheshme, M.A. (2021). Maintaining the antioxidant activity and reducing the microbial load of Aryl Pomegranate cultivar Meles Saveh using films containing chitosan and carvacrol. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industries of Iran*, *16*(2), 121-130. SID. https://sid.ir/paper/955354/fa (In Persian)

Kerch, G. (2015). Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(2), 159-166.

La, D. D., Nguyen-Tri, P., Le, K. H., Nguyen, P. T., Nguyen, M. D. B., Vo, A. T., and Nguyen, D. D. (2021). Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan/gum arabic edible coating for post-harvest banana preservation. *Progress in Organic Coatings*, *151*, 106057.

Luo, Z., Li, D., Du, R., and Mou, W. (2015). Hydrogen sulfide alleviates chilling injury of banana fruit by enhanced antioxidant system and proline content. *Scientia Horticulturae*, *183*, 144-151.

Mahato, N., Sharma, K., Koteswararao, R., Sinha, M., Baral, E., and Cho, M. H. (2019). Citrus essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *59*(4), 611-625.

Mao, H., Wei, C., Gong, Y., Wang, S., and Ding, W. (2019). Mechanical and water-resistant properties of eco-friendly chitosan membrane reinforced with cellulose nanocrystals. *Polymers*, *11*(1), 166.

Marín, I., Sayas-Barberá, E., Viuda-Martos, M., Navarro, C., and Sendra, E. (2016). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of essential oils from organic fennel, parsley, and lavender from Spain. *Foods*, *5*(1), 18.

Mishra, R. K., Sabu, A., and Tiwari, S. K. (2018). Materials chemistry and the futurist eco-friendly applications of nanocellulose: Status and prospect. *Journal of Saudi Chemical Society*, *22*(8), 949-978.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

Mojarab, S., Farrokhzad, A., and Alirezalu, A. (2019). Effect of methyl jasmonate foliar application and harvest time on some phytochemical and antioxidant properties of *Physalis* fruit. *Master thesis, Urmia University, Department of Horticultural Science and Engineering.* (In Persian)

Moussa, Z., Judeh, Z. M., and Ahmed, S. A. (2019). Nonenzymatic exogenous and endogenous antioxidants. *Free Radical Medicine and Biology*, *1*, 11-22.

Nair, S. S., Zhu, J. Y., Deng, Y., and Ragauskas, A. J. (2014). High performance green barriers based on nanocellulose. *Sustainable Chemical Processes*, *2*, 1-7.

Oliveira, S. F., Gonçalves, F. J., Correia, P. M., and Guiné, R. P. (2016). Physical properties of *Physalis peruviana* L. *Open Agriculture*, *1*(1), 55-59.

Palafox-Carlos, H., Yahia, E. M., and González-Aguilar, G. A. (2012). Identification and quantification of major phenolic compounds from mango (*Mangifera indica*, cv. Ataulfo) fruit by HPLC–DAD–MS/MS-ESI and their individual contribution to the antioxidant activity during ripening. *Food Chemistry*, *135*(1), 105-111.

Peivand, N., Mirdehghan, S.HPirmoradi., M., and Roosta, H. (2018). Effect of potassium, calcium and nitric oxide treatment on quality characteristics and storage life of Physalis fruit. Master's thesis, Valiasr University, Rafsanjan, Department of Horticultural Science and Engineering. (In Persian)

Pizato, S., Vega-Herrera, S. S., Chevalier, R. C., Pinedo, R. A., and Cortez-Vega, W. R. (2022). Impact of chitosan coatings enriched with clove essential oil on quality of minimally processed strawberries. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *65*, e22210278.

Ramadan, M. F., and Moersel, J. T. (2007). Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(3), 452-460.

Roldán-Marín, E., Sánchez-Moreno, C., Lloría, R., de Ancos, B., and Cano, M. P. (2009). Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(4), 835-841.

Shehata, S. A., Abdeldaym, E. A., Ali, M. R., Mohamed, R. M., Bob, R. I., and Abdelgawad, K. F. (2020). Effect of some citrus essential oils on post-harvest shelf life and physicochemical quality of strawberries during cold storage. *Agronomy*, *10*(10), 1466.

Sharma, N., Bano, A., Dhaliwal, H. S., and Sharma, V. (2015). A pharmacological comprehensive review on "Rassbhary" *Physalis angulata* (L.). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, *7*(8), 34-38.

Sharmila, G., Muthukumaran, C., Kumar, N. M., Sivakumar, V. M., and Thirumarimurugan, M. (2020). Food waste valorization for biopolymer production. In *Current developments in biotechnology and bioengineering* (pp. 233-249). Elsevier.

Silva, E. L. P., Carvalho, T. C., Ayub, R. A., and Almeida, M. C. M. (2020). Blackberry extend shelf life by nanocellulose and vegetable oil coating. *Horticult International Journal*, *4*(2), 54-60.

Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *In Methodes in Enzymology*, *299*, 152-178.

Soltan, Y. A., Morsy, A. S., Araujo, R. C., Elziat, H. M., Sallam, S. M. A., Louvandini, H., and Abdalla, A. L. (2011). Carvacrol and eugenol as modifiers of rumen microbial fermentation, and methane production in vitro. In *Proceedings of 4th animal wealth research conference in the Middle East and North Africa* (pp. 3-5).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

Soori, F., and Nezamzadeh-Ejhieh, A. (2018). Synergistic effects of copper oxide-zeolite nanoparticles composite on photocatalytic degradation of 2, 6-dimethylphenol aqueous solution. *Journal of Molecular Liquids*, *255*, 250-256.

Steelheart, C., Alegre, M. L., Bahima, J. V., Senn, M. E., Simontacchi, M., Bartoli, C. G., and Grozeff, G. E. G. (2019). Nitric oxide improves the effect of 1-methylcyclopropene extending the tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) fruit postharvest life. *Scientia Horticulturae*, *255*, 193-201.

Tan, K., Heo, S., Foo, M., Chew, I. M., and Yoo, C. (2019). An insight into nanocellulose as soft condensed matter: Challenge and future prospective toward environmental sustainability. *Science of the Total Environment*, *650*, 1309-1326.

Tatari, A. A., and Shekarian, A. (2014). The Importance of Cellulose Derivatives in the Production of Biodegradable Films for Food Packaging. *Journal of Applied Science and Technology*, *5*(19), 22-31.

Vinha, A. F., Alves, R. C., Barreira, S. V., Castro, A., Costa, A. S., and Oliveira, M. B. P. (2014). Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *LWT-Food Science and Technology*, *55*(1), 197-202.

Wang, J., Liu, X., Jin, T., He, H., and Liu, L. (2019). Preparation of nanocellulose and its potential in reinforced composites: A review. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, *30*(11), 919-946.

Xu, W. T., Peng, X. L., Luo, Y. B., Wang, J. A., Guo, X., and Huang, K. L. (2009). Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on 'Redglobe'grape. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(2), 471-476.

Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H., and Hu, Q. H. (2010). Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 C. *Journal of Food Science*, *75*(3), C236-C240.

Zhang, H., Mahunu, G. K., Castoria, R., Yang, Q., and Apaliya, M. T. (2018). Recent developments in the enhancement of some postharvest biocontrol agents with unconventional chemicals compounds. *Trends in Food Science & Technology*, *78*, 180-187.

Zhao, R., Hao, J., Xue, J., Liu, H., and Li, L. (2011). Effect of high-voltage electrostatic field pretreatment on the antioxidant system in stored green mature tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(9), 1680-1686.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 26 (2): 149-164 (2025)
Research article

Improvement of Biochemical Characteristics of *Physalis peruviana* L. Fruit Without Calyx by Post-Harvest Application of Nanocellulose/Carvacrol Composite

Leila Freidouni, Abdollah Ehtesham Nia, Hassan Moumivand and Mohammadreza Raji

Department of Horticultural Sciences, University of Lorestan, Khorramabad, Iran,
* Corresponding Author, Email: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir

Food safety is one of the important issues related to agricultural products with the ability to store such as fresh fruits. Many natural compounds are degradable and can be a safe compound for human health and the environment and an alternative to synthetic compounds. For this purpose, the effect of post-harvest application of carvacrol and nanocellulose (Car0.3%, Car0.6%, CNF0.5%, CNF1.5%, Car0.3+ CNF0.5%, Car0.6+ CNF0.5%, Car0.3+ CNF1.5% and Car0.6+ CNF1.5%) was evaluated on some characteristics of Physalis fruit at different times (0, 15, 30 and 45 days of storage). According to the results of the application of carvacrol treatment, on the 45th day the highest content of total phenol (33.64 mg/gr FW), TSS (18.6 °Brix), pH (3.88) and vitamin C (84.9 mg/100gr F.W) was obtained with the application of carvacrol treatment and the highest amount of total flavonoid content (0.52 mg/gr FW), antioxidant activity (86.56%), TCA (0.21 mg/100 ml) and carotenoid (336.18 µgr/g of fresh weight) was recorded in combined treatments of cellulose nanocomposite/Carvacrol. According to the results, the application of biodegradable coating of nanocellulose and carvacrol can be recommended as a safe strategy to prevent physiological disorders and maintain the quality of Physalis fruit without calyx.

Keywords: Antioxidant, Coating, Physalis, Carotenoid.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-23]