مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۱ صفحه‌های ۱۴۹ تا ۱۶۲ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

# اثر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانو کیتوسان بر عمر انباری و کیفیت پسته تازه (*Pistacia vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei')

# The Effect of Pre-Harvest Chitosan and Nano-Chitosan Application on The Storage Life and Quality of Fresh Pistachio (*Pistacia vera* L. Cv. 'Ahmad-Aghaei')

**شیرین تقی‌پور[۱]، عبداله احتشام‌نیا[۱*]، حسین حکم‌آبادی[۲]**

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
۲. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، شاهرود، ایران.
*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (ab.ehteshamnia@gmail.com)
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰

## چکیده

پسته یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک ایران است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی اهمیت ویژه‌ای دارد. کیفیت پسته در شرایط نامساعد در زمان انبارمانی، به دلیل واکنش‌های نامطلوب کاهش می‌یابد. بدین منظور، در این پژوهش اثر محلول‌پاشی قبل از برداشت کیتوسان (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نانوکیتوسان (۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و آب مقطر (شاهد) بر کیفیت و ماندگاری پسته تازه رقم احمدآقایی در چهار زمان مختلف (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ روز انبارمانی) در انبار سرد با دمای ۰/۵ ± ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۸۰ درصد، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار نانوکیتوسان با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر توانست کمترین درصد کاهش وزن، بیش‌ترین محتوای فنول کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای پروتئین و روغن در ۲۵ روز پس از انبارمانی را داشته باشد. بیشترین محتوای فلاونوئید کل در تیمار نانوکیتوسان با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در روز ۲۵ انبارمانی مشاهده شد. تیمار نانوکیتوسان در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، موجب حفظ سفتی بافت شد و بیشترین میزان سفتی بافت را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک نشان داد، فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) در چهار زمان اندازه‌گیری، روند متفاوتی نشان داد و پسته‌های پوشش‌دهی شده با کیتوسان و نانوکیتوسان دارای NDF بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد بودند و بیش‌ترین محتوای NDF در تیمار کیتوسان حاوی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ۵۰ روز انبارمانی مشاهده شد. با توجه به افزایش ۳۰ روزه عمر پس از برداشت تیمارهای نانوکیتوسان در مقایسه با شاهد، کاربرد قبل از برداشت نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد ایمن و کم هزینه برای افزایش عمر پس از برداشت پسته رقم احمدآقایی قابل توصیه باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آنتی‌اکسیدانی، پوشش‌دهی، طیف سنجی فروسرخ نزدیک، محتوای فنول کل

## مقدمه

پسته با نام علمی *Pistacia vera* L. گیاهی است دوپایه، خزان کننده، متعلق به خانواده آناکاردیاسه و یکی از درختان خشک میوه متداول در سراسر جهان است (Ferguson & Haviland, 2016). پسته علاوه بر اینکه دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشد، سرشار از ترکیبات فنولی، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای چرب غیر اشباع است و نقش مهمی را در سلامتی انسان ایفا می‌کند. پسته تازه نسبت به پسته خشک ارزش غذایی بالاتری دارد و خشک‌کردن پسته موجب کاهش ارزش غذایی آن می‌شود

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

اما پسته تازه عمر انباری کوتاهی دارد (Barzaman *et al.*, 2018; Esmaeilpour and Shakerardekani, 2018) و در صورت نامساعد بودن شرایط محیطی در طول دوره انبارمانی، کپک‌زدگی و تولید سموم به‌ویژه آفلاتوکسین توسط *Aspergillus flavus* و *Aspergillus parasiticus*، جذب رطوبت، تخریب بافت و بروز طعم‌های کهنگی و تندی باعث افت شدید کیفیت محصول می‌شود. پسته تازه طعم مطلوب‌تری دارد و همچنین صادرات پسته تازه ارزش افزوده بیشتری نسبت به پسته خشک شده دارد (Shakerardekani, 2007). از جمله مشکل‌های عمده انبار کردن پسته تازه، ترک خوردگی، جدا شدن پوست نرم در زمان حمل و نقل، نرم‌شدگی پوست نرم، تغییر رنگ و افزایش پوسیدگی به دلیل تولید اتیلن زیاد در دوره انبارمانی، می‌باشند. بنابراین کاربرد پوشش‌های خوراکی که باعث کاهش ضایعات در مرحله پس از برداشت شوند، می‌تواند کیفیت پسته را حفظ و عمر آن را افزایش دهند (Gao *et al.*, 2018). یکی از دلایل ماندگاری بسیار پایین پسته تازه، تنفس زیاد آن است، بنابراین به‌منظور بهبود زمان ماندگاری پسته تازه بایستی از روش‌هایی استفاده کرد که آهنگ تنفس پسته تازه را کم کرده و باعث کاهش هدررفت رطوبت از سطح پوسته تر این محصول شوند (Rad, 2007). تیمار پس از برداشت، لزوما بهترین راه برای حفظ کیفیت میوه در دوره پس از برداشت نیست. معمولا این تیمارها بسیار گران هستند و خطر آسیب رساندن به میوه را با استفاده مواد اضافی افزایش می‌دهد و همچنین موجب می‌شود تولیدکننده، به سلامت و کیفیت درخت توجه کمتری داشته باشد (Ehtesham Nia *et al.*, 2021). بنابراین این انتظار می‌رود که پسته‌های تازه در مجاورت انواع آسیب‌های ناشی از برداشت، آفات و بیماری‌های قارچی و میکروبی قرار گیرند، لذا کاربرد قبل از برداشت تا حدودی باعث کنترل موارد بالا خواهد شد. برای افزایش کیفیت و عمر پس از برداشت پسته روش‌های مختلفی به‌کار گرفته شده است. یکی از روش‌های جلوگیری از بروز مشکلات، استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌باشد. پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد هستند که سدی در مقابل انتقال رطوبت و اکسیژن ایجاد می‌کنند. از جمله پوشش‌های خوراکی جهت افزایش ماندگاری محصولات، تیمار قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان است. کیتوسان پلیمری است که به علت دارا بودن خاصیت کشسانی، انبساط‌پذیری، زیست‌تخریب‌پذیری، ضد میکروبی، توانایی تشکیل ترکیبات پیچیده و ... مورد توجه قرار گرفته است. در روش استفاده از پوشش‌های خوراکی، افزایش میزان ماندگاری با کاهش تنفس به دلیل کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن اتفاق می‌افتد، که در نهایت موجب تاخیر در رسیدن، جلوگیری از پیری بافت، حفظ رنگ بافت، جلوگیری از تخریب سلولی و آلودگی‌های میکروبی می‌شود (Oliveira *et al.*, 2015). فناوری نانو می‌تواند نقش اساسی در فناوری بسته‌بندی مواد غذایی با استفاده از مواد پوششی مانند کیتوسان ایفا کند. نانوتکنولوژی با موفقیت برای بهبود کیفیت مواد غذایی بسته‌بندی شده به‌کار گرفته شده است. بنابراین، می‌توان پوشش خوراکی و فناوری نانو را با پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیری مانند کیتوسان ترکیب کرد. تا به امروز، نانوذرات کیتوسان به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی منحصر به فرد، اندازه کوچک و کوانتومی، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک حامل استفاده می‌شود. کاهش اندازه کیتوسان می‌تواند نفوذپذیری سطح به بخار آب و گازها را کاهش دهد و در عین حال خواص مطلوب پوشش کیتوسان را حفظ کند. انتظار می‌رود که نانوذرات کیتوسان به‌عنوان یک ساختار ذره‌ای با اندازه نانو، عمر مفید میوه‌های تازه را افزایش دهد (Molamohammadi *et al.*, 2019). روش‌های مختلفی مانند کاربرد قبل از برداشت کیتوسان (Ali *et al.*, 2014; Ehtesham Nia *et al.*, 2021; Lin *et al.*, 2020)، سالیسیلیک اسید (Mirdehghan & Rahimi, 2016; Ehtesham Nia *et al.*, 2022)، نانو ذرات (Shi *et al.*, 2013)، و پلی‌آمین‌ها (Mahdavi *et al.*, 2013) برای حفظ عمر انبارمانی، استحکام بافت و کنترل پوسیدگی محصولات باغی تازه مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات در این زمینه نشان داد که پوشش‌دهی پسته با کیتوسان موجب حفظ سفتی بافت، حفظ ترکیبات فنولی، ویژگی‌های حسی و افزایش عمر انبارمانی پسته شد (Rezaian attar *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای که به‌منظور ارزیابی اثر کیتوسان در شرایط بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بر ماندگاری پسته رقم بادامی انجام شد، مشخص شد که پوشش‌دهی پسته با پلیمر کیتوسان اثر قابل توجهی بر پارامترهای کیفی بافت و حسی پسته تازه دارد (Rezaian attar *et al.*, 2021). با توجه به نقش مثبت کیتوسان و نانوکیتوسان بر کیفیت محصول‌ها در شرایط انبار سرد، در رابطه با اهمیت کاربرد قبل از برداشت این ترکیبات بر عمر انبارمانی پسته تازه

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

رقم احمدآقایی تاکنون مطالعاتی انجام نشده، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر ماندگاری و شاخص‌های کیفی پسته رقم احمدآقایی انجام شد.

# مواد و روش‌ها

## روش اجرای طرح

برای انجام این آزمایش، ابتدا محلول‌پاشی‌های کیتوسان (۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، نانوکیتوسان (۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) (سیگما، ساخت کشور آلمان) و آب مقطر (به‌عنوان شاهد)، تا مرحله آب‌چکان در اوایل شهریور سال ۱۴۰۰ (۲۰ روز قبل از برداشت) روی درختان ۲۵ ساله رقم احمدآقایی در باغ تجاری تات سبز، واقع در شهرستان بوئین زهرا استان قزوین با مختصات ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۲۱۸ متر از سطح دریا، انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها ۶ متر و فاصله بین درخت ۳ متر بود. همچنین آبیاری به‌صورت قطره‌ای با دور آبیاری ۲۵ روز انجام شد. میوه پسته با پوسته تر (*P. vera* L. cv. 'Ahmad aghaie') به‌صورت دستی در مرحله بلوغ تجاری برداشت شد. در زمان برداشت از درختان تیمارشده، میوه‌ها به‌صورت تصادفی از تمام قسمت‌های درخت برداشت و ظرف ۲ ساعت به آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه لرستان منتقل شدند. پس از نگهداری به مدت یک شب در دمای ۰/۵ ±۱ درجه سلسیوس، تفکیک میوه‌ها بر اساس یکنواختی در اندازه، شکل و رنگ انجام گرفت و میوه‌هایی با علائم آسیب مکانیکی، آفتاب سوختگی، ترک خوردگی حذف شدند. پس از جداسازی و یکنواخت شدن نمونه‌ها از نظر سایز و شکل، در نهایت میوه‌های پسته همراه با پوسته نرم رویی در ظرف‌های پلاستیکی شفاف با جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی شده که در هر واحد آزمایشی حدود ۲۵۰ گرم پسته تازه قرار گرفت و در سردخانه با دمای ۰/۵ ± ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵ ± ۸۰ درصد به مدت ۷۵ روز قرار داده شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی شامل دو فاکتور، فاکتور اول نوع ماده در غلظت مشخص و فاکتور دوم زمان انبارمانی شامل روز صفر (بلافاصله بعد از تیمار)، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ با چهار تکرار اجرا گردید.

جدول ۱- ترکیب‌های تیماری قبل از برداشت میوه پسته تازه رقم احمدآقایی با کیتوسان (CTS) و نانوکیتوسان (Nano-CTS).

Table 1. Pre-harvest treatment combinations of 'Ahmad-Aghaei' fresh pistachio fruit with chitosan (CTS) and nano-chitosan (Nano-CTS).

| شاهد<br>Control | استفاده از آب مقطر قبل از برداشت<br>Use distilled water pre- harvesting |
|---|---|
| کیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر<br>CTS-500 mg.L$^{-1}$ | محلول‌پاشی قبل از برداشت کیتوسان ۵۰۰ میلی گرم در لیتر به همراه توئین ۸۰ درصد<br>Pre- harvesting spraying of chitosan 500 mg.L$^{-1}$ with 80% tween |
| کیتوسان ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر<br>CTS-1000 mg.L$^{-1}$ | محلول‌پاشی قبل از برداشت کیتوسان ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه توئین ۸۰ درصد<br>Pre- harvesting spraying of chitosan 1000 mg.L$^{-1}$ with 80% tween |
| نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر<br>Nano-CTS-250 mg.L$^{-1}$ | محلول‌پاشی قبل از برداشت نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه توئین ۸۰ درصد<br>Pre- harvesting spraying of chitosan 250 mg.L$^{-1}$ with 80% tween |
| نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر<br>Nano-CTS-500 mg.L$^{-1}$ | محلول‌پاشی قبل از برداشت نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به همراه توئین ۸۰ درصد<br>Pre- harvesting spraying of chitosan 500 mg.L$^{-1}$ with 80% tween |

## صفات اندازه‌گیری شده

### درصد کاهش وزن

به‌منظور ارزیابی کاهش وزن، میوه‌ها پیش از ورود به سردخانه و در فاصله‌های زمانی مشخص با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ مدل GE120 توزین و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن محاسبه شد. در این فرمول W1 و W2 به‌ترتیب نشان‌دهنده وزن اولیه و نهایی است (Duan *et al*., 2007).

درصد کاهش وزن = 100 × [W1 – W2]/W1

### روش تهیه عصاره برای صفات فیتوشیمیایی

برای اندازه‌گیری صفات فیتوشیمیایی (فنول و فلاونوئیدکل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH)، ابتدا یک گرم از پوسته نرم رویی میوه تازه در ۹ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به مدت ۳ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس به کمک هموژنایزر



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

التراسونیک کاملا ترکیب شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (۱۰۰۰۰ دور در دقیقه) و ناخالصی‌های محلول برداشته شد و در نهایت عصاره به‌دست آمده در دمای ۲۰- درجه سلسیوس برای مراحل بعدی نگه‌داری شد (Gheysarbigi *et al.*, 2020).

**محتوای فنول کل**

برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل، ۳۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ۲ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شد. سپس ۲۵۰ میکرولیتر معرف فولین (۱۰ درصد) به محلول اضافه شد و پس از ۲ دقیقه، ۲۵۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم بیست درصد 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 (UV-3200, MAPADA, Shanghai-China) تعیین شد (Singleton *et al.*, 1999). اسیدگالیک در غلظت‌های مختلف (صفر، ۳۱/۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌عنوان استاندارد استفاده شد و نتایج به‌صورت گرم در کیلوگرم وزن تازه بیان شد.

**محتوای فلاونوئید کل**

محتوای فلاونوئید کل با استفاده از روش رنگ‌سنجی کمی اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با استفاده آب مقطر به حجم نهایی ۵ میلی‌لیتر رسانده و سپس ۳۰۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۵ درصد به آن اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه، ۶۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۲ درصد به آن اضافه گردید و پس از ۶ دقیقه، ۲ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۰/۵ مولار و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر (بلانک متانول) با دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد سپس مقدار فلاونوئید کل برحسب گرم بر کیلوگرم وزن تازه بیان شد. از ماده کوئرستین در غلظت‌های مختلف (صفر، ۳۱/۲۵، ۶۲/۵، ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (۲۷).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (فعالیت به دام اندازی DPPH) 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 گردید، به مدت ۶۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق قرار داده شد. سپس 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 (De Ancos *et al.*, 2002).

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی = $(Abs_{blsnk}-Abs_{sample})/A_{blank}\times100$

**سفتی پوست خارجی میوه**

اندازه‌گیری سفتی پوسته خارجی با استفاده از دستگاه نیروسنج (Lutron FG5020) انجام شد. برای اندازه‌گیری سفتی پوست، پروب مسطح (قطر ۷/۸ میلی‌متر) استفاده و پس از متصل کردن پروب مورد نظر به دستگاه، پسته‌ها را زیر آن قرار داده و با وارد آوردن فشار ثابت، میزان مقاومت بافت اندازه‌گیری شد و میزان سفتی بافت بر حسب نیوتن بیان گردید (Shaker Ardekani & Karami Robati, 2022).

**طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک (NIR[1])**

طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک، یک روش دقیق برای ارزیابی صفات خاص است، اگرچه نیاز به معادلات پیچیده‌ای برای کالیبراسیون دارد، اما می‌تواند به‌طور هم‌زمان چند صفت را اندازه‌گیری کند. اندازه‌گیری پارامترهای کیفی پسته‌های تازه رقم 'احمدآقایی' در روزهای مختلف انبارمانی، با دستگاه NIR انجام شد. برای این منظور، ۲۰ نمونه از مغز پسته تازه تیمارشده و شاهد در روزهای اندازه‌گیری برای هر تکرار تهیه و آنالیز بدون هیچ گونه آماده‌سازی و با شناسایی سریع که این امر از مزایای طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک است، انجام شد. طیف‌سنجی مورد استفاده در این آزمایش از نوع فتودیودی مدل DA 7250، ساخت کشور سوئد بود و دامنه آشکارسازی طیف در این طیف‌سنج ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر، وضوح طیف‌های ایجاد شده ۱۰۲۴

۱- Near infrared reflectance



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

پیکسل، و آشکارساز آن ایندیم-گالیم-آرسناید است. در این روش، میزان پروتئین، محتوای روغن، محتوای کربوهیدرات کل و NDF (فیبرهای نامحلول در شوینده خنثی) مغز نمونه‌های پسته اندازه‌گیری شدند (Roberts *et al*., 2004).

**واکاوی آماری**

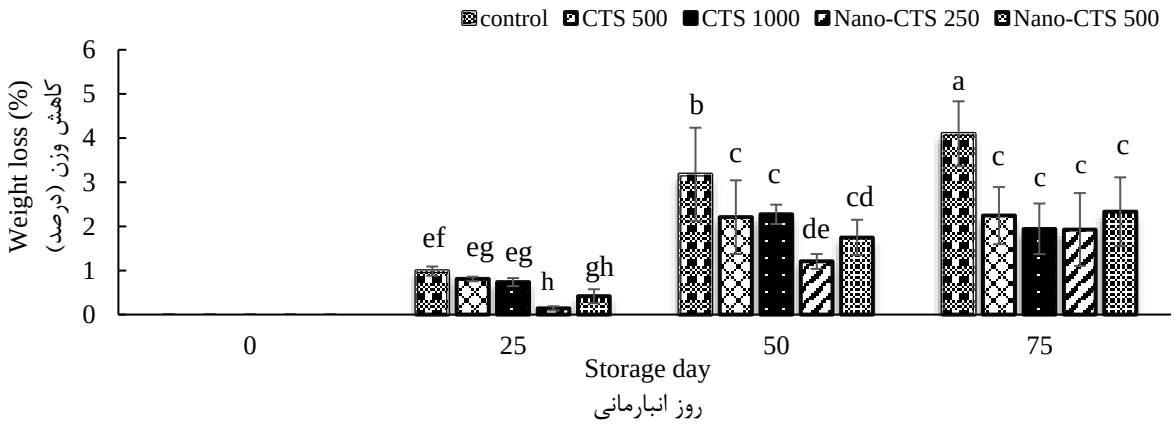
تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم گراف‌ها با نرم افزارهای SAS (v.9.1)، اکسل و داده‌ها به‌صورت میانگین خطاهای استاندارد ارائه شده و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها برای هر صفت با حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال پنج‌درصد مشخص شد.

# نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل تیمار و زمان انبارمانی در تمام صفات مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) بودند.

**درصد کاهش وزن**

نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان انبارداری درصد کاهش وزن در تمامی تیمارها افزایش یافته است، اما تیمارهای کیتوسان و نانوکیتوسان از کاهش وزن پسته‌ها طی مدت انبارداری ممانعت کردند. بیش‌ترین درصد کاهش وزن در پایان زمان انبارمانی مربوط به نمونه شاهد با میانگین ۴/۰۹ درصد و کمترین میزان کاهش وزن مربوط به تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۱/۹۲ درصد بود (شکل ۱).




شکل۱- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر کاهش وزن میوه پسته رقم 'احمدآقایی'.

Fig. 1. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on fruit weight loss of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'.

**محتوای فنول کل**

بر اساس نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمار و زمان انبارداری، بالاترین میزان فنول کل (۵۱/۲۶ گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و روز ۲۵ انبارداری بوده که از لحاظ آماری با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بود و کمترین میزان آن (۹/۰۱ میلی‌گرم در لیتر) مربوط به تیمار شاهد و روز ۷۵ انبارداری بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۲).

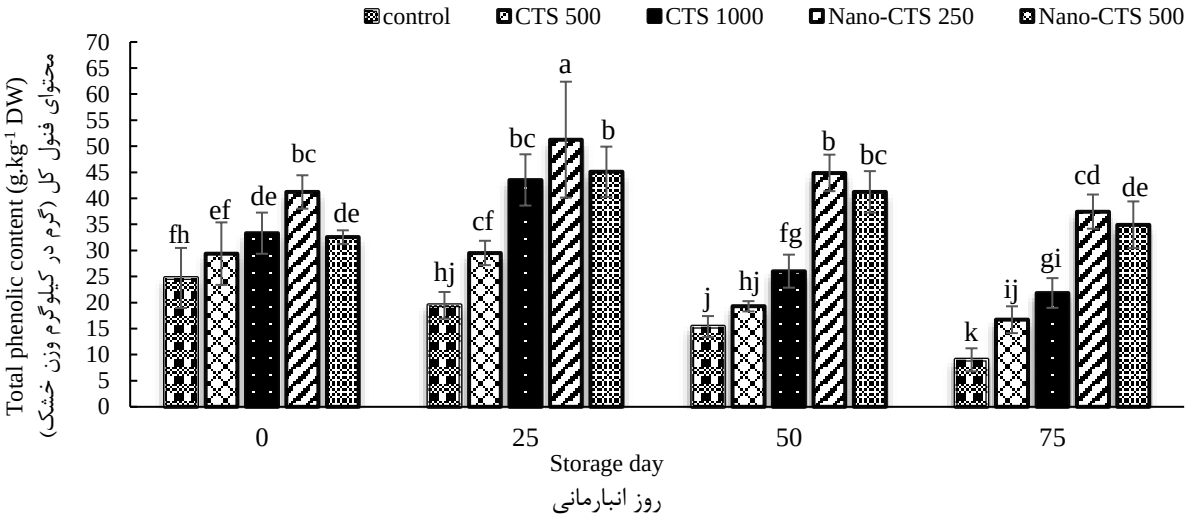
**محتوای فلاونوئید کل**

محتوای فلاونوئید کل در میوه‌های تیمار شده با نانوکیتوسان به‌طور معنی‌داری در تمام زمان‌های انبارمانی بالاتر از میوه شاهد بود (شکل ۳). محتوای فلاونوئید کل پس از ۵۰ و ۷۵ روز انبارمانی، روند کاهشی در تمام میوه‌ها نشان داد. اگرچه میوه‌های تیمار شده با ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانوذرات کیتوسان، محتوای فلاونوئید کل بالاتری در طول زمان انبارمانی داشتند.



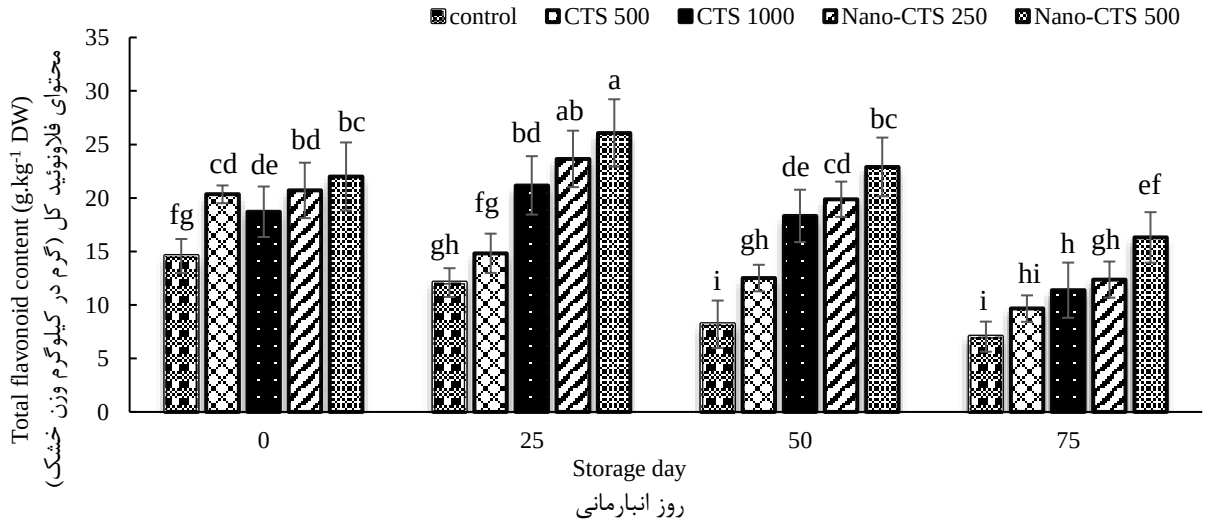
[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای فلاونوئید کل به‌ترتیب در تیمارهای نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و تیمار شاهد (۲۶/۰۷ و ۷/۳۷ گرم در کیلوگرم) در ۲۵ و ۷۵ روز بعد از انبارمانی مشاهده شد.




شکل۲ -تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر محتوای فنول کل میوه پسته تازه رقم 'احمدآقایی.'

Fig. 2. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on total phenol content of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei' fruit.




شکل ۳- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر محتوای فلاونوئید کل میوه پسته تازه رقم 'احمدآقایی'.

Fig. 3. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on fruit total flavonoid content of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'.

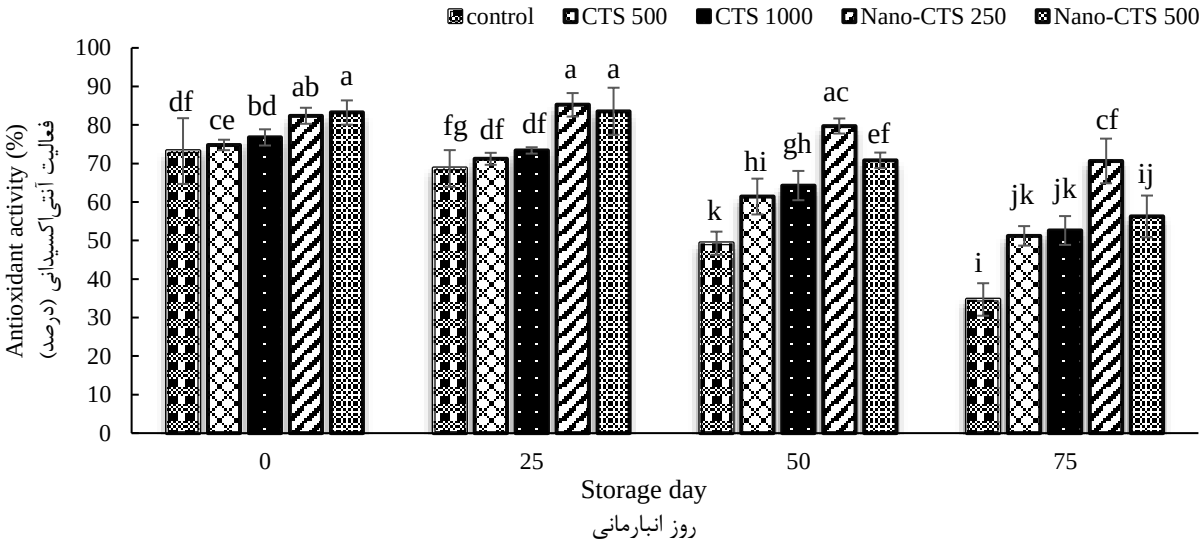
## فعالیت آنتی‌اکسیدانی

تغییرات مشاهده شده در فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه پسته تازه در طول انبارمانی در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش زمان انبارمانی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور قابل توجهی در بافت پوست میوه‌های تیمار شده و شاهد کاهش یافت. با این حال، فعالیت مهار کاهش DPPH در میوهای تیمار شده با کیتوسان و نانوکیتوسان در طول انبارمانی مشاهده شد (شکل ۴). همچنین کاهش روند فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های تیمار شده با نانوکیتوسان نسبت به میوه‌های شاهد کندتر بود. بیش‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۸۵/۲۲ درصد)، در طی ۲۵ روز پس از



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

انبارمانی، به‌دست آمد که البته با تیمارهای نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در روز صفر اندازه‌گیری، تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، در پایان دوره انبارمانی در تیمار شاهد (۳۴/۶۹ درصد) مشاهده شد.

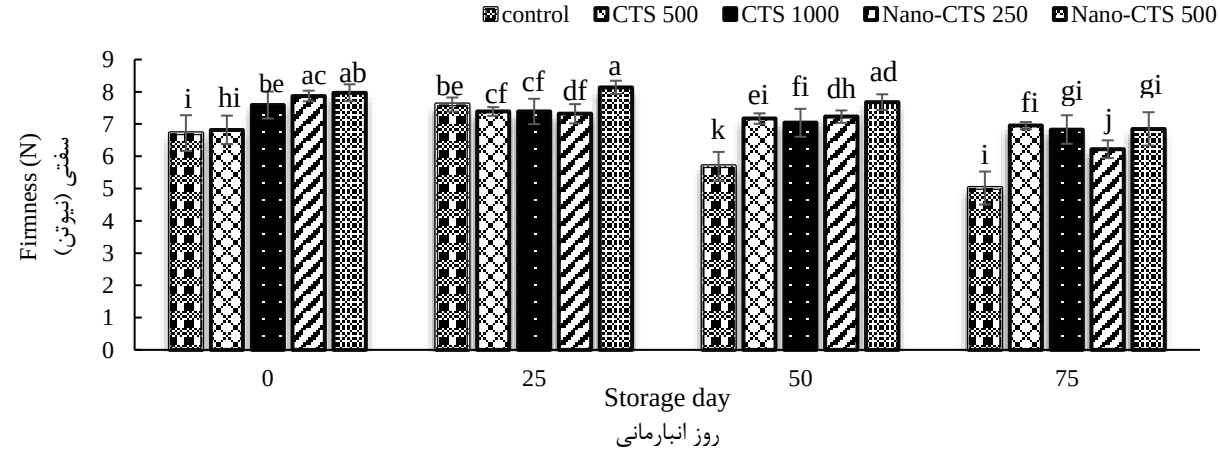



شکل ۴- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پسته تازه رقم 'احمدآقایی'.

Fig. 4. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on fruit antioxidant activity of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'.

## سفتی پوسته بیرونی

شکل ۵ نشان‌دهنده روند سفتی پوسته بیرونی پسته‌های تازه در دوره انبارمانی در تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش می‌باشد. کاربرد کیتوسان و نانوکیتوسان به‌طور معنی‌داری روند نرم شدن پوسته بیرونی پسته تازه را در طول مدت انبارمانی به تاخیر انداخت. همچنین نتایج مقایسه میانگین برای سفتی بافت نشان داد که این پارامتر در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری از روند ثابتی برخوردار نبود، به‌طوری که در روز ۲۵ انبارمانی افزایش یافته و در زمان‌های ۵۰ و ۷۵ روز پس از انبارمانی از سفتی پوسته کاسته شد (شکل ۵). تیمارهای کیتوسان و نانوکیتوسان در زمان‌های صفر، ۵۰ و ۷۵ روز پس از انبارمانی موجب حفظ سفتی بافت شد، اما در روز ۲۵ انبارمانی تنها تیمار نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۸/۳ نیوتن)، موجب افزایش سفتی بافت گردید و بیش‌ترین میزان سفتی بافت را به خود اختصاص داد، ولی بین تیمارهای کیتوسان ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلافی مشاهده نشد. کم‌ترین میزان سفتی بافت نیز در پایان دوره انبارمانی در تیمار شاهد (۵/۰۱۷ نیوتن) مشاهده شد.




شکل ۵- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر سفتی پوسته بیرونی میوه پسته تازه رقم 'احمدآقایی'

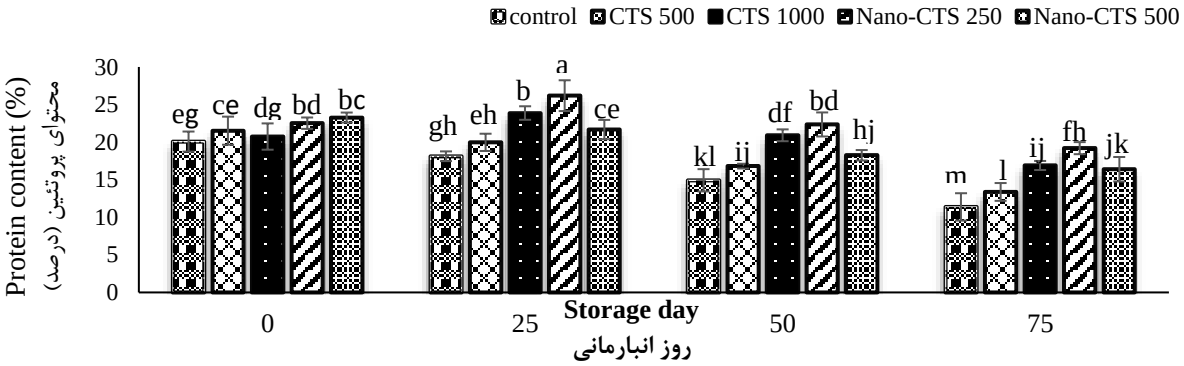
Fig. 5. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on fruit shell firmness of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'.



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

## محتوای پروتئین

نتایج آنالیز طیف‌سنج مادون قرمز، نشان داد که با افزایش تعداد روز پس از انبارمانی، از مقدار پروتئین مغز پسته کاسته و پوشش‌دهی با کیتوسان و نانوکیتوسان موجب کند شدن روند کاهشی پروتئین شد (شکل ۶). بیش‌ترین مقدار پروتئین در تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین میزان پروتئین در تیمار شاهد به‌ترتیب در ۲۵ و ۷۵روز پس از انبارمانی مشاهده شد.

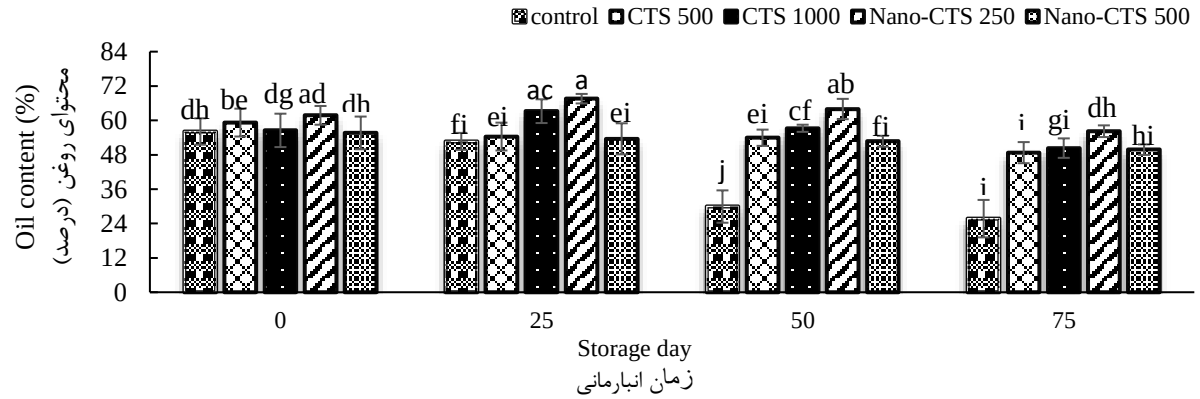



شکل ۶- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر محتوای پروتئین مغز پسته تازه رقم 'احمدآقایی'

Fig. 6. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on kernel protein content of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'.

## محتوای روغن

محتوای روغن مغز پسته با گذشت زمان انبارمانی، کاهش یافت (شکل ۷). مقایسات میانگین نشان داد که پوشش‌های کیتوسان و نانوکیتوسان، موجب حفظ روغن در مغز پسته شدند و بیش‌ترین میزان روغن در تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۶۷/۵۸ درصد) در ۲۵ روز پس از انبارمانی و کم‌ترین میزان روغن در تیمار شاهد (۲۵/۶۹ درصد) در پایان دوره انبارمانی به‌دست آمد. همچنین در ۲۵ روز پس از انبارمانی، اختلاف قابل توجهی بین تیمارهای کیتوسان و نانوکیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده نشد.




شکل ۷- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر محتوای پروتئین مغز پسته تازه رقم 'احمدآقایی'.

Fig. 7. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on kernel protein content of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'

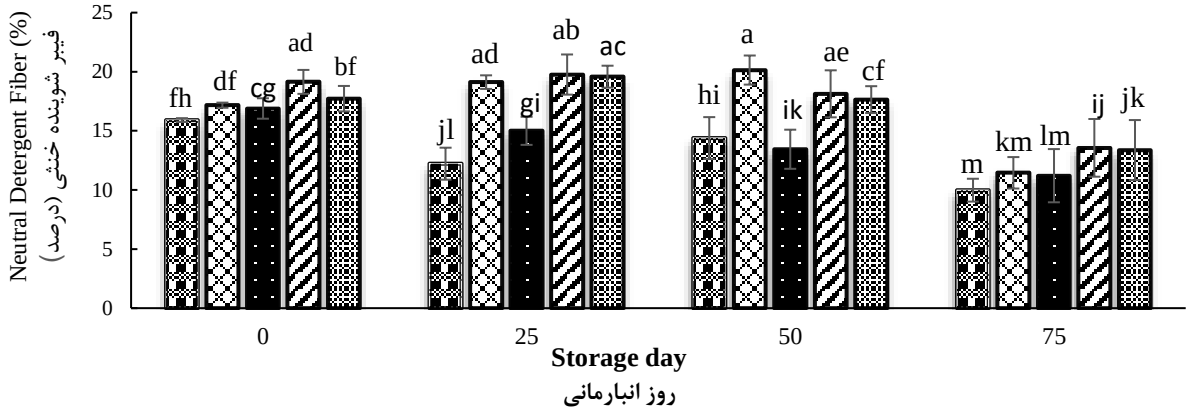
## فیبر شوینده خنثی (NDF)

براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش، روند تغییرات در روزهای مختلف انبارمانی و تیمارهای مختلف، متفاوت بود (شکل ۸)، به‌طوری که میزان NDF در تیمار کیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ۵۰ روز بعد از انبارمانی افزایش یافت اما در روز آخر



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

انبارمانی کاهش یافت. در حالی‌که تغییرات NDF در تیمار کیتوسان ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تمام روزهای انبارمانی کاهش یافت. نتایج نشان داد پسته‌های پوشش‌دار شده با کیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و نانوکیتوسان ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، دارای NDF بیش‌تری نسبت به شاهد بودند و بیش‌ترین میزان در تیمار کیتوسان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۰/۱۴ درصد) در ۵۰ روز از انبارمانی مشاهده شد. کم‌ترین میزان NDF نیز در تیمار شاهد (۹/۹۸ درصد) در پایان دوره انبارمانی به‌دست آمد.

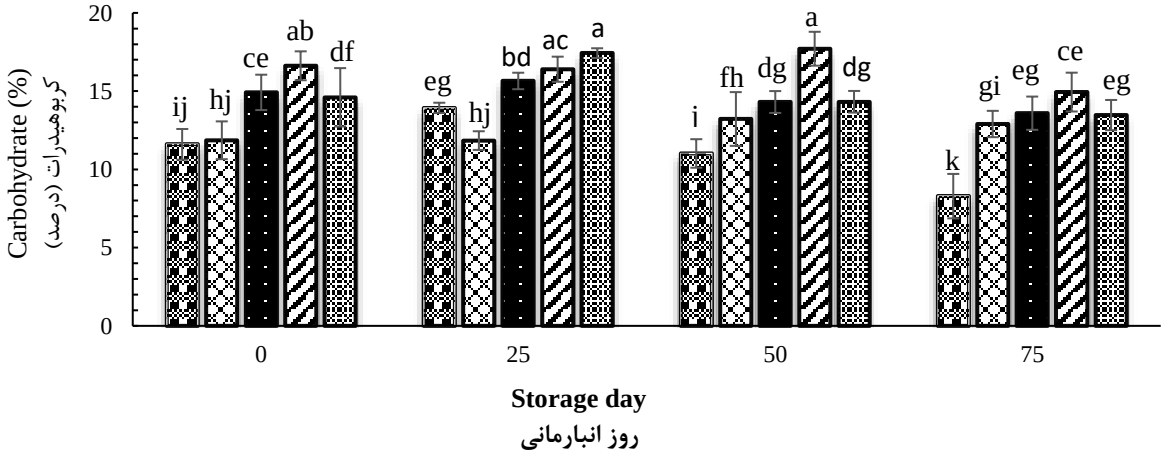



شکل ۸- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر فیبر شوینده خنثی پسته تازه رقم 'احمدآقایی'

Fig. 8. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on NDF of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'

## کربوهیدرات‌های محلول

نتایج شکل ۹ نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان انبارداری میزان کربوهیدرات‌های محلول پسته‌های تازه در تمام تیمارها، کاهش یافته است. در پایان مدت انبارداری کمترین میزان کربوهیدات‌های محلول در نمونه‌های شاهد مشاهد شد (۸/۲۹ درصد) و تیمارهای نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول (۱۴/۹۴ درصد) را به خود اختصاص داد. نانوکیتوسان در هر دو غلظت از کاهش میزان کربوهیدرات‌های محلول پسته‌های تازه در طول مدت انبارداری در مقایسه با تیمار شاهد جلوگیری کرده است.




شکل ۹- تاثیر کاربرد قبل از برداشت کیتوسان و نانوکیتوسان بر کربوهیدرات کل میوه پسته تازه رقم 'احمدآقایی'

Fig. 9. Effect of pre-harvest application of chitosan and nano-chitosan on fruit total carbohydrate of *P. vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei'



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

## بحث

بنابر نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، در میوه پسته رقم 'احمدآقایی' در طول مدت انبارمانی تغییر در میزان درصد کاهش وزن، سفتی پوسته، محتوای فنول و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص‌های تغذیه‌ای (کربوهیدرات محلول، محتوای پروتئین، محتوای روغن، NDF) در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به تاخیر افتاد. کاهش وزن فیزیولوژیکی به‌طور قابل توجهی ($P < 0.05$) در طول دوره انبارمانی برای تمام تیمارها، افزایش یافت. همان‌طور که نتایج نشان دادند، میوه‌های پوشش‌دار شده با نانوکیتوسان و کیتوسان کاهش وزن کمتری داشتند. کاهش وزن میوه یکی از ناهنجاری مهم است که موجب کاهش کیفیت و پژمردگی میوه‌ها می‌شود و آثار نامطلوبی بر بافت و ظاهر محصول بر جای گذاشته و از بازارپسندی آن می‌کاهد. این ناهنجاری که به دنبال آسیب غشای سیتوپلاسمی اتفاق افتاده، سبب کاهش کیفیت، کاهش سفتی پسته و رنگ نامطلوب میوه می‌شود (Deng *et al*., 2013). علت اصلی کاهش وزن میوه در طول دوره انبارمانی، از دست‌دهی آب بر اثر تنفس و تعرق از طریق روزنه‌ها می‌باشد که اثر مثبت پوشش‌های خوراکی، با ایجاد یک لایه برای جلوگیری از تبخیر و انتشار آب ثابت شده است. پوشش‌های خوراکی سرعت عبور گازها از طریق روزنه‌های میوه را کاهش داده و از تبخیر آب و کاهش وزن میوه جلوگیری می‌کنند (Parsa *et al*., 2019). به نظر می‌رسد، پلیمر کیتوسان با برقراری اتصالاتی با گروه‌های کربوکسیل ترکیبات پکتینی دیواره سلولی و ممانعت از فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده دیواره سلولی سبب استحکام بیشتر دیواره سلولی و کند شدن فرآیند پیری خواهد شد. با کند شدن فرآیند پیری، سیالیت و ثبات حفظ شده و به دنبال آن از دست‌دهی رطوبت فرآورده کمتر خواهد شد.

بنابراین پوشش کیتوسان و نانوکیتوسان با کاهش شاخص پوسیدگی و حفظ آب میوه و جلوگیری از هدر رفتن آب از سطح میوه، موجب حفظ ظاهر پوست تر پسته شدند. در میوه‌های پسته تیمار نشده، با کاهش محتوای آب سلولی، ظاهر پوست تر پسته‌ها نمی‌تواند طراوت لازم را برای تشویق مصرف‌کنندگان به خرید میوه ایجاد کند (Sheikha, 2011). کاربرد قبل از برداشت پوشش خوراکی کیتوسان در میوه انگور (Ehtesham Nia *et al*., 2021) کاهش وزن را محدود کرد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در پژوهشی، El-Gioushy و همکاران (2022) با بررسی تاثیر محلول‌پاشی قبل از برداشت تیمارهای کیتوسان، نانوکیتوسان و کلرید کلسیم بر خصوصیات شیمیایی میوه خرما رقم برحی نشان دادند، که تیمارهای کیتوسان و نانوکیتوسان از هدررفت رطوبت و افت وزن جلوگیری می‌نماید. در میوه‌های انبارشده، تبخیر ناشی از شیب فشار بخار آب میوه و هوای اطراف موجب کاهش وزن میوه می‌شود (Kou *et al*., 2013). پوشش کیتوسان و نانوکیتوسان با تغییر اتمسفر اطراف میوه، موجب تاخیر در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز می‌شود (Cosme Silva *et al*., 2017).

ترکیبات فنولی در بافت همه میوه‌ها وجود دارند و جزء فراوان‌ترین متابولیت ثانویه می‌باشند. فنیل آلانین، پیش ساز ترکیبات فنولی است. فاکتورهای مختلفی از جمله ژنوتیپ، مرحله رسیدن در زمان برداشت، فصل رشد، نوع رقم و شرایط انبار بر تغییر در میزان ترکیبات فنولی در طول دوره انبارمانی موثر می‌باشد. این ترکیبات به‌عنوان یک مهار کننده قوی برای مقابله با تنش‌های اکسایشی هستند و موجب حذف رادیکال‌های آزاد می‌شوند. ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها بر اثر فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز تجزیه و تخریب می‌شوند. ترکیبات حاوی کیتوسان با کاهش فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز، از تخریب این ترکیبات ممانعت کرده و موجب افزایش فلاونوئید در میوه‌های تیمار شده می‌شود (Kou *et al*., 2013). علاوه بر خواص ضد قارچی، کیتوسان، دارای پتانسیل بالایی در ارتباط با آنزیم‌های دفاعی مانند فعالیت PAL و ترکیبات فنلی در گیاهان است (Bautista-Banos *et al*., 2006). کاهش ترکیبات فنلی در آخرین روز انبارمانی، ممکن است به شکسته شدن ساختار سلولی ناشی از پیری و تخریب میوه مربوط باشد. قیصر بیگی و همکاران (2020)، در مطالعه روی پسته تر نشان دادند، که با گذشت زمان انبارمانی، میزان فنول و فلاونوئید کل کاهش یافت، ولی در میوه‌های تیمار شده با ۱۵ میلی‌مولار سدیم نیتروپروساید روند کاهش محتوای فنول و فلاونوئید کل، کمتر بود. کاربرد قبل از برداشت کیتوسان در انگور نشان داد، که تیمارهای ترکیبی

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

کیتوسان (در مرحله قبل از برداشت) و ژل آلوئه‌ورا (در مرحله پس از برداشت)، قادر به حفظ محتوای فنول و فلاونوئید کل در طی انبارمانی بودند (Ehtesham Nia *et al*., 2021).

سفتی میوه، یکی از ویژگی‌های مهم کیفی است که به‌طور مستقیم در افزایش توان انبارمانی و ایجاد مقاومت بیشتر به آسیب‌های مکانیکی و پوسیدگی میوه نقش دارد (Ehtesham Nia *et al*., 2021). از سوی دیگر پایداری و استحکام، معیار مهمی برای تعیین کیفیت و بازارپسندی میوه محسوب می‌شود و قضاوت مصرف‌کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Khanamani *et al*., 2015). سفتی بافت میوه با ساختار دیواره سلول و ترکیب‌های سلولی در ارتباط است، همچنین تبدیل قندهای نامحلول (نشاسته) به قندهای محلول (گلوکز و فروکتوز) بر میزان سفتی بافت موثر است. کاهش همی سلولز، گالاکتوز، پکتین و افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده موجب نرم شدن بافت میوه می‌شود (Karimi *et al*., 2018). نرم شدن بافت میوه در اثر تجزیه پروتوپکتین نامحلول، تبدیل آن‌ها به اسید پکتیک و پکتین محلول و تجزیه پکتین توسط آنزیم‌های پلی گالاکتروناز و پکتین استراز اتفاق می‌دهد که فعالیت این دو آنزیم تحت تاثیر اتیلن افزایش می‌یابد. گزارش شده است که کیتوسان با تاثیر بر کاهش ساخت اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های دیواره یاخته‌ای به واسطه کاهش ساخت اتیلن سبب حفظ سفتی میوه گواوا شد. همچنین، کیتوسان باعث کاهش سطح تنفس، تولید اتیلن، فعالیت آنزیم‌های پلی‌گالاکتروناز، بتا-گلاکتوزیداز و پکتین متیل استراز که از مهم‌ترین آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره یاخته‌ای و نرم‌شدن میوه هستند، می‌شود (Hong *et al*., 2012). کاهش در محتوای فنولیک بخشی طبیعی از فرآیند پیری است که می‌تواند به دلیل تخریب دیواره سلولی در هنگام ذخیره‌سازی میوه در دوره‌های طولانی انبار باشد (Molamohammadi *et al*., 2019). به نظر می‌رسد، حفظ سفتی بافت در ۲۵ روز پس از انبارمانی، به بار مثبت پلیمر کیتوسان در برابر بار منفی پکتین دیواره سلولی نسبت داد، به طوری‌که می‌توان به گروه کربوکسیل مواد پکتینی دیواره اتصال یابند، این اتصال مانع دسترسی آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره به مواد پکتینی شده و در نتیجه منجر به افزایش سفتی بافت می‌گردد.

در پژوهشی، Nair و همکاران (2018) گزارش کردند که میوه های گواوا تیمارشده با آلژینات و کیتوسان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری را نسبت به میوه‌های شاهد داشتند. احتشام‌نیا و همکاران (2021) در میوه انگور، Cosme Silva و همکاران (2017) در میوه انبه استحکام بیشتری با افزایش پوشش کیتوسان گزارش کردند.

همچنین، اتمسفر داخلی اصلاح شده میوه‌های پوشش‌دار شده می‌تواند به دلیل کاهش ساخت فلاونوئیدها و فنول‌ها باشد که باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Hashemi *et al*., 2021). فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های تازه به عوامل مختلف از جمله روش‌های تحلیلی، ارقام، گونه‌ها، منشأ جغرافیایی و شرایط محیطی بستگی دارد، نتایج این پژوهش، در رابطه با کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با یافته‌های علی و همکاران (2014) مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه اژدها و زردآلو مرتبط با تجزیه ساختار یاخته در هنگام انبارمانی است. پلیمر کیتوسان با افزایش ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی، ظرفیت مهار گونه‌های فعال اکسیژن را افزایش می‌دهد (Jongsri *et al*., 2016). نشان داده شده که ارتباط مثبتی بین محتوای فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. از طرفی، فاکتورهای محیطی می‌تواند فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد و سیستم آنتی‌اکسیدانی با سمیت زدایی و حذف رادیکال‌های آزاد، ناهنجاری‌های میوه را رفع کرده و باعث افزایش کیفیت تغذیه‌ای میوه می‌شود (Gheysarbigi *et al*., 2020). همچنین، Palafox-Carlos و همکاران (2012)، نشان دادند تیمار کیتوسان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد در میوه انبه در طول انبارمانی داشت. در مطالعه احتشام‌نیا و همکاران (2021)، تیمار قبل از برداشت کیتوسان و پس از برداشت ژل آلوئه‌ورا باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه انگور شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

بر اساس پژوهش‌های انجام شده، همبستگی منفی بین صفت‌های فیبر نامحلول در شوینده خنثی (NDF) با کربوهیدرات‌های محلول در آب و پروتئین‌های خام وجود دارد، بنابراین با افزایش الیاف، میزان پروتئین و کربوهیدرات کاهش یافته و کیفیت محصول کاهش می‌یابد (Li *et al*., 2010). کاربرد مولکول‌های علامت‌دهنده به‌عنوان تنظیم‌کننده، یک روش موثر در افزایش روغن و متابولیت‌های خاص در بافت‌های گیاهی محسوب می‌شود. در این خصوص می‌توان به نقش موثر نانوکیتوسان در



[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

بیوسنتز مونوترپن‌ها اشاره کرد (Javanmard *et al.*, 2019). همچنین می‌توان اظهار داشت که کیتوسان و نانوکیتوسان با مهار رادیکال‌های آزاد و افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها، مانع اکسیداسیون اسیدهای چرب شده و به نحوی موجب حفظ میزان چربی بافت می‌شوند (Mahdavi *et al.*, 2013). تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد کیتوسان و نانوکیتوسان، فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن را افزایش داده و موجب بهبود انتقال نیتروژن می‌شود، در نتیجه افزایش میزان پروتئین در اثر کاربرد کیتوسان با افزایش متابولیسم نیتروژن در ارتباط است (Hashemi *et al.*, 2021). حاجی‌زاده و همکاران (2018)، در میوه انگور گزارش کردند، با کاربرد سالیسیلیک اسید ۱ و ۲ میلی‌مولار، میزان کربوهیدارت کل، در طی زمان انبارمانی (۳ هفته بعد از انبارمانی) افزایش می‌یابد.

## نتیجه‌گیری

متناسب با طولانی شدن زمان نگهداری پسته‌های تازه، ویژگی‌های شیمیایی این فرآورده تازه تغییر می‌کند. بر اساس نتایج و شواهد به‌دست آمده از این پژوهش، پوشش‌دهی با کیتوسان و نانوکیتوسان موجب حفظ ویژگی‌های مورد مطالعه شد، به‌طوری‌که در پسته‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد، درصد کاهش وزن کمتر و محتوای فنول و فلاونوئید کل، محتوای پروتئین، روغن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کربوهیدرات، سفتی بافت و NDF بیشتری به‌دست آمد و پوشش نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در بیشتر پارامترها برتری نشان داد. بنابر نتایج این پژوهش تیمار نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش افت وزن و حفظ استحکام پوست تازه در مدت انبارمانی شد. همچنین تغییر در محتوای فنول و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کربوهیدرات‌های محلول در نتیجه تیمار با نانوکیتوسان به تاخیر افتاد. بنابراین از میان تیمارهای به‌کار رفته در این آزمایش، کاربرد نانوکیتوسان ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر در مرحله قبل از برداشت، با توجه به حفظ ویژگی‌های کیفی مختلف و افزایش قابلیت ماندگاری پسته تازه تا ۷۵ روز نسبت به شاهد، به‌عنوان یک ترکیب طبیعی و زیست تجزیه‌پذیر قابل توصیه می‌باشد.

## سپاسگزاری

از مرکز پژوهشی فناوری (پیستاط) با رویکرد ویژه نسبت به مسائل تخصصی حوزه باغبانی و حمایت از تحقیقات نوین در زمینه محصولات مختلف باغی نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین از مشارکت و همکاری مهندسان و کارکنان باغ تجاری تات سبز استان قزوین (تحت نظر مرکز پژوهشی پیستاط) کمال تشکر را داریم.

## منابع

Ahmad, S., Singh., Z., Khan., AS., & Iqbal, Z. (2013). Pre-harvest application of salicylic acid maintain the rind textural properties and reduce fruit rot and chilling injury of sweet orange during cold storage. *Pak Journal of Agricultural Science, 50*,4

Ali, A., Cheong, C.K., & Zahid, N. (2014). Composite effect of propolis and gum arabic to control postharvest anthracnose and maintain quality of papaya during storage. *International Journal of Agriculture Biology, 16*(6), 1117–1122.

Barzaman M., Mirdehghan S.H., & Nazori, M. (2018). Combined preharvest application of polyamines and chitosan postharvest treatments on qualitative parameters of fresh pistachio cv. Akbari. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 19* (3),353-364

Bautista-Banos, S., Hernandez-Lauzardo., A., Velazquez-Del Valle., M., Hernandez- Lopez., M., Ait Barka., E., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection, 25*(2), 108–118.

Brummell, D.A., & Harpster, M.H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology Journal, 47*(1), 311-339.

Cosme Silva, G.M., Silva., W.B., Medeiros., D.B., Salvador., A.R., Cordeiro., M.H.M., da Silva, N.M., & Mizobutsi, G.P. (2017). The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. *Food Chemistry, 237*, 372–378.

De Ancos, B., Sgroppo., S., Plaza., L., & Cano, M.P. (2002). Possible nutritional and health- related value promotion in orange juice preserved by high-pressure treatment. *Asian Journal Agriculture Food Science, 82* (8), 790–796.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

Deng, L., Pan., X., Chen., L., Shen., L., & Sheng, J. (2013). Effects of preharvest nitric oxide treatment on ethylene biosynthesis and soluble sugars metabolism in 'Golden Delicious' apples. *Postharvest Biology Technology, 84*, 9–15.

Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillen., F., Valverde, J.M., Valero, D., & Serrano, M. (2011). Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. *Postharvest Biology Technology Journal, 61*, 110-116.

Duan, X., Su., X., You., Y., Qu., H., Li., Y., & Jiang, Y. (2007). Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. *Food Cheimistry, 104* (2), 571–576.

Ehtesham Nia, A., Taghipour., SH., & Siahmansour, S. (2022). Putrescine with Aloe vera gel coating improves bioactive compounds and quality of table grape under cold storage. *Journal Food Science and Technology*, 1-12.

Ehtesham Nia, A., Taghipour, SH., & Siahmansour, S. (2021). Pre-harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (*Vitis vinifera* L. cv.'Yaghouti') during postharvest period. *Food Chemistry, 347*, 129012.

Ehtesham Nia, A., Taghipour, SH., & Siahmansour, S. (2022). Effects of salicylic acid preharvest and Aloe vera gel postharvest treatments on quality maintenance of table grapes during storage. *South African Journal Botany, 14*, 1136-1145.

Ehtesham Nia, A., Taghipour, SH., & Siahmansour, S. (2021). Effect of Pre-harvest Application of Putrescine and Post Harvesting Aloe vera Gel on the Quality and Shelf Life of Table Grape (*Vitis vinifera* cv. 'Yaghouti'). *Journal Horticultural Science, 35*(1), 103-116.

El-Gioushy, S.F., El-Masry, A.M., Fikry., M., El-Kholy, M.F., Shaban, A.E., Sami, R., & El-Badawy, H.E. (2022). Utilization of Active Edible Films (Chitosan, Chitosan Nanoparticle, and CaCl2) for Enhancing the Quality Properties and the Shelf Life of Date Palm Fruits (Barhi Cultivar) during Cold Storage. *Coatings, 12*(2), 255.

Esmaeilpour, A., & Shakerardekani, A. (2018). Effects of early harvest times on nut quality and physiological characteristics of pistachio (*Pistacia vera*) trees. *Fruit Journal, 73*(2), 110-117.

Ferguson, L., & Haviland, D. (2016). Pistachio production manual. *UCANR Publication, 144* (22), 266-282.

Gao, H., Zeng, Q., Ren, Z., Li, P., & Xu, X. (2018). Effect of exogenous γ-aminobutyric acid treatment on the enzymatic browning of fresh-cut potato during storage. *Journal of Food Science and Technology, 55*(12), 5035-5044.

Gheysarbigi, S., Mirdehghan., S.H., Ghasemnezhad, M., & 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.

Hashemi, M., Dastjerdi., A.M., Mirdehghan., S.H., Shakerardekani, A., & Golding, J.B. (2021). Incorporation of Zataria multiflora Boiss essential oil into gum Arabic edible coating to maintain the quality properties of fresh in-hull pistachio (*Pistacia vera* L.). *Food Package Shelflife, 30*, 100724.

Hong, K., Xie., J., Zhang., L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Science Horticulture, 144*,172-178.

Javanmard, A., Nikdel, H., & Amani Machiani, M. (2019). Evaluation of forage quantity and quality in domestic populations of hairy vetch (*Vicia villosa* L.), vetch (*Vicia sativa* L.) and caspian vetch (*Vicia hyrcanica*) under rainfed condition. *Journal of Agricultural Science and Susta, 29*(1), 15-31.

Jongsri, P., Wangsomboondee., T., Rojsitthisak, P., & Seraypheap, K. (2016). Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *Food Science and Technology Journal, 73*, 28 -36.

Karimi, M., Hoseini, M., & Zahedi, M. (2018). Effect of postharvest treatment chitosan using on quality of banana. *Journal crop product process, 8* (1), 1-14

Khanamani, Z., Mirdehghan, S.H., Shamshiri, M.H., & Hokmabadi, H. (2015). The effect of postharvest application of putrescine on quality and shelf life of fresh pistachio cv. 'Fandoghi' and 'Kalleghochi'. *Journal Horticultural Science, 48*(1),99-1.

Kou, X.H., Guo., W.L., Guo., R.Z., Li., X.Y., & Xue, Z.H. (2013). Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. "Huang guan" during storage. *Food Biopro Technology Journal, 7*, 671–681.

Lamaison, J.L., Petitjean-Freytet, C., & Carnat, A. (1991). Medicinal Lamiaceae with antioxidant properties, a potential source of rosmarinic acid. *Pharmaceutica Acta Helvetiae, 66*(7), 185-188.

Li, H., Li., L., Wegenast., T., Longin., C.F., Xu, X., Melchinger, A.E., & Chen, S. (2010). Effect of N supply on stalk quality in maize hybrids. *Food Crop Research Journal, 118*(3), 208-214.

Lin, Y., Li., N., Lin., H., Lin., M., Chen., Y., Wang., H., & Lin, Y. (2020). Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage. *Food Chemistry, 306*, 125627.

Mahdavi, B., Modares sanevi, M.A., Aghaalikhani, M., & Sharifi, M. (2013). Effect of different concentrations of chitosan on safflower antioxidant enzymes. *Iranian Biology Journal, 26* (3), 352-365. In Persian.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

Mirdehghan, S.H., & Rahimi, S. (2016). Pre-harvest application of polyamines enhances antioxidants and table grape (*Vitis vinifera* L.) quality during postharvest period. *Food Chemistry*, *196*, 1040–1047.

Molamohammadi, H., Pakkish., Z., Akhavan, H., & Saffari, V.R. (2019). Effect of Salicylic Acid Incorporated Chitosan Coating on Shelf Life Extension of Fresh In-Hull Pistachio Fruit. *Food and Biological Technology*, *13*, 121-131.

Mustafa, M.A., Ali, A., Manickam, S., & Siddiqui, Y. (2014). Ultrasound-assisted chitosan–surfactant nanostructure assemblies: towards maintaining postharvest quality of tomatoes. *Food and Bioprocess Technology*, *7*(7), 2102-2111.

Nair, M.S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate-based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry Journal*, *240*, 245–252.

Oliveira, A.M., Coelho, E.M., Alexandre, M.H., Gomes, D.P., Almeida & Pintado, M. (2015). Effect of modified atmosphere on phytochemical profile of pasteurized peach purées. *LWT-Food Science and Technology*, *64*(2), 520 -527.

Parsa, J., Smaeel Amiri., M., Hajiloo., J., Razavi., F., & Rahnemoun, H. (2019). Effect of Aloe vera gel on physiologiacal and biochemical triats of two cultivars of Apricot in storage. *Journal of Food Industy Research, 30* (3), 203-219. (In Persian).

Palafox-Carlos, H., Yahia, E.M., & Gonzalez-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.

Rad, S. (2007). Study on the effects of nanosides and some of the food additives on the quality and aflatoxine contamination of pistachio nuts. *Ministry of Jahade-Agriculture*, *7*, (In Persian)

Rezaian attar, F., Sedaghat., N., Yeganehzadeh., S., Paseban, A., & Hesarinegad, M.A. (2021). Shelf life modeling of fresh pistachio cultivar Badami cultivar coated with chitosan in modified atmospheric packaging conditions. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, *114* (18), 181-194. (In Persian).

Roberts, CA., Workman, J., & Reeves, J.B. (2004). Near-infrared Spectroscopy in agriculture. *Madison*, 212p

Seyed Hajizadeh, H., Sedghiyeh, V., Gholizadeh Vakilkandi, F. (2018). Investigation on the effect of salicylic acid in enhancing storage life and postharvest quality of grape "Soltanin". *Research in Pomology, 2*(2), 65-81.

Shaker Ardekani, A., & Karami Robati, F. (2022). Investigation of the Effect of Pre-dryer Types (Wheelchair and Stacking) on Quality Properties of Kale-Ghuchi Pistachio Cultivar During Storage, *Journal of Innovation in Food Science and Technology, 14* (3), 9-1.

Shakerardekani, A. (2007). Harvesting, processing, storage and packaging of pistachio nuts. *Iranian Pistachio Research Institute. 1th edn*. 158p. (in Farsi)

Sheikha, S.A. (2011). Physiological studies for different concentration from Biochikol0 20 PC (Chitosan) on bean plant. *Journal Asian Scientific Research, 1* (2), 73–86.

Shi, S., Wang, W., Liu, L., Wu, S., Wei, Y., & Li, W. (2013). Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, *118*(1), 125–131.

Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*, *299*, 152–178.

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (1): 149-162 (2024)
Research article

# The Effect of Pre-Harvest Chitosan and Nano-Chitosan Application on The Shelf Life and Quality of Fresh Pistachio (*Pistacia vera* L. Cv. 'Ahmad-Aghaei')

**Shirin Taghipour[1], Abdollah Ehtesham Nia[1*], Hossein Hokmabadi[2]**

1. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
2. Associate Professor of Agriculture and Natural Resources Research Center Semnan, Shahrood, Iran.
Corresponding Author, Email: (ab.ehteshamnia@gmail.com)

Pistachio is one of the most important strategic products of Iran, which is extremely important from various economic and social aspects. In unfavorable conditions during storage, the quality of pistachios decreases due to adverse reactions. The objective of this study was to investigate the effect of pre-harvest foliar application of chitosan (500 and 1000 mg.$L^{-1}$), Nano-chitosan (250 and 500 mg.$L^{-1}$) and distilled water (control) on the quality and shelf life of pistachio (*Pistacia vera* L. cv. 'Ahmad-Aghaei') at four different times (0, 25, 50 and 75 days after harvest) in a cold room at 4±0.5 °C and 80±5 % RH. The findings showed that in the treatment of Nano-chitosan containing 250 mg.$L^{-1}$, the lowest weight loss (WL), the highest amount of total phenolic content (TPC), total antioxidant capacity (TAC), protein, and oil were observed on the 25$^{th}$ day after harvest. The highest amount of flavonoids was observed in Nano-chitosan treatment containing (500 mg.$L^{-1}$) on day 25. Nano-chitosan treatment containing (500 mg.$L^{-1}$) increased shell firmness and had the highest amount of shell firmness. Also, the parameter of neutral detergent fiber (NDF) content showed a different trend in four measurement times, and pistachios coated with chitosan and Nano-chitosan had higher NDF than the control. The highest amount was observed in chitosan treatment containing 500 mg. $L^{-1}$ on day 50 after harvest. Considering the increase of 30 days of shelf Life post-harvest of nano-chitosan treatments compared to the control, therefore the application of nano-chitosan per-harvest at a concentration of 250 mg.$L^{-1}$ can be recommended as a safe and low cost strategy to increase the postharvest life of Pistachio fruit 'Ahmad Aghaei ' cultivar.

**Keywords:** Antioxidant, Coating, Near infrared spectroscopy, Total phenol content

[ Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11 ]