



## Investigating the effects of post-harvest application of nanocellulose/carvacrol composite coating on the physico-biochemical characteristics of physalis fruit

Leila Ferydouni<sup>1</sup>, Abdollah Ehtesham Nia<sup>2\*</sup>, Hasan Moumivand<sup>3</sup>, Mohamadreza Raji<sup>4</sup>

1. MSc student of Horticulture, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
3. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
4. Assistant Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

**Citation:** Ferydouni, L., Ehtesham Nia, A., Moumivand, H., & Raji, M.R. (2024) Investigating the effects of post-harvest application of nanocellulose/carvacrol composite coating on the physico-biochemical characteristics of physalis fruit. *Plant Productions*, 46(4), 569-582

### Abstract

#### Introduction

Food safety is one of the important issues related to fresh fruits and vegetables. Most natural compounds are degradable and can be a safe compound for human health and the environment and an alternative to synthetic compounds. Research has shown that the combination of bioactive substances such as essential oils, plant extracts and nanocomposites increases the active effect of the coating as fruit packaging and reduces the rate of fruit deterioration.

#### Materials and Methods

In this research, physalis fruits were obtained from Khorramabad research greenhouse. Nanocellulose and pure carvacrol (extracted from *Satureja khuzistanica Jamza*) were prepared from Nanovin Nano Polymer Company and GC/MS analysis from Khorramabad Pharmaceutical Company, respectively. Also, the combination of nanocellulose with carvacrol was prepared in the laboratory. The experiment was conducted as a factorial experiment with two factors in a completely randomized design with 4 replications. The first factor of material type in specific concentrations at nine levels (control, Car 0.3%, Car 0.6%, CNF 0.5%, CNF 1.5%, Car 0.3 + CNF 0.5%, Car 0.3 + CNF 1.5%, Car 0.6 + CNF 0.5 %, Car 0.6+CNF 1.5% and the second storage time factor was investigated at four levels (0, 45, 90 and 135 days). First, the fruits of Physalis were washed with distilled water, and then the extra leaves and damaged fruits were

---

\* Corresponding Author: Abdollah Ehtesham Nia  
E-mail: Ehteshamnia.ab@lu.ac.ir



removed. The fruits were placed in the prepared solution for 2-3 minutes and after applying the treatment, the fruits were placed in a refrigerator with a temperature of 4 °and 90% RH.

### Results and Discussion

The results showed that the fruits treated with nanocellulose and carvacrol had less weight loss and higher tissue firmness. Biochemical analysis also showed the positive effect of the treatments on parameters, so that the highest TA and vitamin C and the lowest amount of pH were obtained in the combined treatments of nanocellulose and nanocellulose/carvacrol. Also, the treatments used reduced the TSS and fruit TSS/TA ratio of the fruits, and the combined treatments had the lowest amount. The nanocellulose coating prevents water loss and reduces the metabolic and respiration processes. Also, nanocellulose/carvacrol composite coatings lead to an increase in the pH of cytochrome oxidase by reducing internal oxygen, and this enzyme increases the rate of ascorbic acid decomposition. By coating on the fruit during the post-harvest period, the aging process of the fruit is reduced the production and effect of ethylene, reducing respiration and preserving the cell wall, which ultimately leads to better preservation of TSS. Therefore, any reduction in metabolic activities causes a reduction in fruit ethylene biosynthesis and action.

### Conclusion

In general, the results of the research showed that the investigated characteristics of physalis fruit were influenced by the treatments. As treated samples, weight loss was less, pH, soluble solids and taste index were lower, tissue firmness, titratable acids and vitamin C were higher. According to the general results, it can be stated that the application of nanocellulose/carvacrol composite treatments, especially the Car 0.6+CNF 1.5% treatment, showed more favorable results than the application of each one alone in most features.

**Keywords:** Acidity, Edible coating, Nanocomposite, Weight loss



## بررسی اثرات کاربرد پس از برداشت پوشش کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرویل بر ویژگی-های فیزیکیوشیمیایی میوه فیسالیس

لیلا فریدونی<sup>۱</sup>، عبدالله احتشام‌نیا<sup>۲\*</sup>، حسن مومیوند<sup>۳</sup> و محمدرضا راجی<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
- ۴- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

### چکیده

میوه‌های کوچک به دلیل حساسیت به عوامل بیماری‌زا، دچار فساد و اختلالات فیزیولوژیکی به صورت تازه مصرف می‌شوند. فیسالیس نیز به عنوان یک ریز میوه فرازگرا، از این قاعده مستثنی نیست. بررسی‌ها نشان داده که ادغام ترکیبات زیست‌فعال مانند عصاره گیاهی و نانوسلولز باعث افزایش اثر فعال پوشش و کاهش نرخ زوال می‌شود. به همین منظور، آزمایشی در آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۱، بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با هدف بررسی اثر پوشش‌های نانوسلولز حاصل از خمیر سوزنی برگان و کارواکرویل حاصل از عصاره گیاه مرزه خوزستانی، به صورت کاربرد جداگانه و ترکیبی (به عنوان فاکتور اول) و مدت زمان انبارمانی (به عنوان فاکتور دوم) با چهار تکرار بر میوه فیسالیس انجام شد. در این پژوهش اولین فاکتور نوع مواد در غلظت‌های خاص در نه سطح (شاهد، Car 0.3%، Car 0.6%، Car 0.3% + CNF 0.5%، Car 0.6% + CNF 0.5%، Car 0.3% + CNF 1.5%، Car 0.6% + CNF 1.5%) و دومین فاکتور زمان نگهداری در چهار سطح (۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ روز) مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا میوه‌های فیسالیس با آب مقطر شسته و سپس برگ‌های اضافی و میوه‌های آسیب دیده جدا شدند. سپس میوه‌ها به مدت ۲-۳ دقیقه در محلول تهیه شده، قرار گرفته و پس از اعمال تیمار، میوه‌ها در یخچال با دمای ۴ درجه و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند. پس از اعمال تیمارها، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد نظر در زمان‌های تعیین شده (۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میوه‌های تیمار شده با نانوسلولز و کارواکرویل کاهش وزن کم‌تر و سفتی بافت بالاتری داشتند. بررسی خصوصیات بیوشیمیایی نیز تأثیر مثبت تیمارها را بر پارامترهای مورد نظر نشان داد، به طوری که بیش‌ترین TA و ویتامین C و کم‌ترین میزان اسیدیته در تیمارهای ترکیبی نانوسلولز و نانوسلولز/کارواکرویل به دست آمد. همچنین تیمارهای مورد استفاده باعث کاهش TSS و نسبت TSS/TA میوه‌ها شدند و تیمارهای ترکیبی کم‌ترین مقدار را داشتند. به طور کلی، نتایج تحقیق

\* نویسنده مسئول: عبدالله احتشام‌نیا

نشان داد که ویژگی‌های بررسی شده میوه فیسالیس تحت تأثیر تیمارهای مورد استفاده، قرار گرفته است. در نمونه‌های تیمار شده کاهش وزن، اسیدیته، مواد جامد محلول و شاخص طعم، کم‌تر، سفتی بافت، اسیدهای قابل تیتراسیون و ویتامین ث بیش‌تر بود. با توجه به نتایج کلی می‌توان بیان کرد که کاربرد تیمارهای کامپوزیت نانوسولز/کارواکرویل به ویژه تیمار کارواکرویل ۶/۰+ نانوسولز ۱/۵ درصد نتایج مطلوب‌تری نسبت به کاربرد هر یک به تنهایی در اکثر ویژگی‌ها نشان داد.

### کلید واژه‌ها: اسیدیته، پوشش خوراکی، کاهش وزن، نانو کامپوزیت

#### مقدمه

نیز طعم میوه تأثیرگذار خواهد بود (Najafi Marghmaleki et al., 2020). در مقابل، ایمنی مواد غذایی یکی از مسائل مهم مربوط به میوه‌ها و سبزیجات تازه است بیش‌تر ترکیبات طبیعی تجزیه‌پذیر هستند و می‌توانند به‌عنوان ترکیبی ایمن برای سلامتی انسان و محیط و جایگزینی برای ترکیبات مصنوعی باشند (Alizadeh et al., 2010). در جدیدترین بررسی‌ها، نانوسولز به‌عنوان یک ماده ارزان، در دسترس، غیرسمی و طبیعی برای مرحله پس از برداشت میوه‌های مختلف توصیه شده است (Xiao et al., 2021; Pirozzi et al., 2021). اصطلاح نانو برای موادی به کار می‌رود که ابعاد آن‌ها کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر بوده و رفتارهایی از جمله تحرک و واکنش‌پذیری بالا از خود نشان می‌دهند (Vojodi Mehrabani et al., 2019). نانوسولز یک ماده تجدیدپذیر، زیست‌تخریب‌پذیر و در مقیاس نانو است که حاصل مواد طبیعی استخراج شده از انواع ارگانسیم‌ها (گیاهان، جانوران و باکتری‌ها) است. این ماده به دلیل نسبت سطح به حجم و پلیمریزاسیون بالا، ظرفیت بارگیری و اتصال به عوامل دیگر آن افزایش یافته است. بواسطه خواص برجسته نانوسولز مانند مقاومت مکانیکی بالا، استحکام و وزن کم، مورد توجه هستند. در مقابل، به علت اینکه به‌طور طبیعی خاصیت آب‌دوستی دارند، مانع حفاظتی خوبی برای رطوبت نخواهند بود (Hasan et al., 2017)، که یک راهکار برای بهبود این ویژگی، ترکیب آن‌ها با مواد آبرگیز مانند روغن‌های ضروری (اسانس) است. استفاده از اسانس‌ها نیز در صنایع غذایی در حال توسعه است، بطوریکه می‌تواند به‌طور مستقیم به محصولات خوراکی اضافه شود و یا برای بسته‌بندی فعال و پوشش‌های خوراکی استفاده شود

فیسالیس (*Physalis peruviana* L.) از خانواده سولاناسه که در مناطق مختلف این گیاه به نام‌هایی از قبیل کاماپو، گوجه وحشی، انگور فرنگی، گیلان زمستان و گیلان زمینی معروف می‌باشد (Rapisarda et al., 2008; Olivera et al., 2016). میوه فیسالیس سته و به رنگ نارنجی و شکل گرد، دارای قطر ۲/۵-۱/۲۵ میلی‌متر و وزن ۴-۱۰ گرم است و هر میوه حاوی حدود ۳۰۰-۱۰۰ عدد بذر می‌باشد (Fischer, 2000). بو و طعم میوه شبیه توت فرنگی یا مخلوطی از طعم آناناس و گوجه فرنگی است. این میوه فرازگراست و پس از رسیدن به بلوغ فیزیولوژیکی می‌تواند به صورت سبزه بالغ برداشت شود (Morton, 2010). فیسالیس یکی از ریزمیوه‌هایی است که امکان تولید بالای آن در گلخانه وجود دارد، از طرفی، به واسطه بالا بودن قیمت آن در بازارهای جهانی، قابلیت فرآوری آن در صنایع تبدیلی و نیز استقبال بالای بازارهای خارجی از خرید این محصول، چند سالی است که مورد توجه بسیاری از گلخانه‌داران قرار گرفته است. از آنجایی که ریز میوه‌ها 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). از طرفی، طی فرآیند رسیدن میوه، ویژگی‌های ظاهری و بیوشیمیایی با سرعت زیادی (بسته به شرایط محیطی و ژنتیکی) تغییر می‌کند و این تغییرات شامل مقدار قند و اسیدهای آلی، میزان نشاسته و ترکیبات بسیاری است که بر خصوصیات ظاهری و

و عمر انبارمانی میوه فیسالیس (*PHysalis peruviana* L.) انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه پس از برداشت دانشگاه لرستان (خرم آباد 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) در سال ۱۴۰۱ انجام شد. در این مطالعه، میوه‌های فیسالیس از گلخانه تحقیقاتی خرم‌آباد، ژل نانو فیبرسلولز (CNF) استخراج شده از خمیر چوب سوزنی برگان از شرکت نانو نوین پلیمر با خلوص ۹۹ درصد، کارواکرول (Car) خالص از گیاه مرزه خوزستانی، با آنالیز GC/MS از شرکت دارویی خرمان و ترکیب نانوسلولز با کارواکرول، در آزمایشگاه تهیه شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور اول، نوع مواد در غلظت‌های مشخص در نه سطح (جدول ۱) و فاکتور دوم زمان انبارمانی در چهار سطح (صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ روز) بود. ابتدا میوه‌های فیسالیس با آب مقطر شست و شو داده شدند و سپس ضایعات و برگ‌های اضافی و میوه‌های آسیب دیده جدا گردید. غلظت‌های مختلف نانوسلولز (صفر، ۰/۵ و ۱/۵ درصد) و کارواکرول (صفر، ۰/۳ و ۰/۶ درصد) و ترکیبی تهیه و میوه‌ها به مدت ۲-۳ دقیقه داخل سوسپانسیون مورد نظر قرار داده شدند. سپس به منظور خشک کردن، میوه‌ها در مقابل جریان هوای تازه قرار داده شدند. در نهایت، میوه‌های فیسالیس با وزن حدود ۲۵۰-۲۰۰ گرم در هر واحد آزمایشی برای هر تکرار در نظر گرفته شد. میوه‌ها پس از اعمال تیمار در یخچال با دمای چهار درجه و رطوبت نسبی ۹۰ درصد قرار گرفتند.

**Table 1. Treatments were used**

Control	Use distilled water
Car 0.3%	Carvacrol 0.3 %
Car 0.6%	Carvacrol 0.6 %
CNF 0.5%	Cellules nano fibril 0.5 %
CNF 1.5%	Cellules nano fibril 1.5 %
Car 0.3+ CNF 0.5	Carvacrol 0.3+ Cellules nano 0.5%
Car 0.6+ CNF 0.5	Carvacrol 0.6+ Cellules nano 0.5%
Car 0.3+ CNF 1.5	Carvacrol 0.3+ Cellules nano 1.5%
Car 0.6+ CNF 1.5	Carvacrol 0.3+ Cellules nano 1.5%

(Amorati et al., 2013). کارواکرول (۲-متیل-۵-ایزوپروپیل فنل) با فرمول شیمیایی ( $C_{10}H_{14}O$ ) یک ترکیب مشتق شده از گیاهان معطر از جنس پونه کوهی، آویشن و مرزه است. مایع قهوه‌ای رنگ عملاً نامحلول در آب، محلول در اتانول، بسیار فرار و چربی دوست است و همان طعم تیمول را دارد (Yadav et al., 2009). انتخاب و استفاده اسانس‌ها باید براساس در نظر گرفتن پذیرش حسی خریدار برای محصول نهایی باشد. در واقع، به دلیل طعم قوی اسانس، استفاده مستقیم از آن‌ها معمولاً محدود است. بنابراین، اسانس را می‌توان به پوشش‌های خوراکی اضافه کرد که به عنوان یک بسته‌بندی مواد غذایی جایگزین برای بهبود ایمنی و کیفیت مواد غذایی پیشنهاد شده است (Acevedo-Fani et al., 2015). تحقیقات نشان داده که ادغام ترکیبات زیست‌فعال (مانند اسانس، عصاره گیاهی و ترکیبات فنلی) باعث افزایش اثر فعال پوشش به عنوان یک بسته‌بندی برای میوه و کاهش نرخ زوال میوه می‌شود (Bun et al., 2020; Santos et al., 2021). در بررسی اثر پوشش نانوسلولز و اسانس علف لیمو بر عمر مفید پس از برداشت میوه شاه توت نشان داده شد که غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسانس علف لیمو در ترکیب با نانوسلولز در حفظ میوه‌های شاه توت و کاهش روند برگشت رنگ، تا ۶ روز نگهداری موثر بوده است (Silva et al., 2020). بررسی کیفیت میوه توت فرنگی پوشش‌دار شده با کیتوسان/کارواکرول نشان داد که در نمونه‌های تیمار شده به ترتیب ۱۳/۷۸ و ۱۳/۵۱ درصد نسبت به شاهد، کاهش وزن کم‌تری وجود داشت و رشد کپک را به طور معناداری کاهش داد (Pizato et al., 2022). نتایج بررسی کیفیت میوه فیسالیس زرد پوشش‌دهی شده با پکتین و پکتین تقویت شده با نانوسلولز نشان داد که استفاده از نانوسلولز موجب کاهش نرخ تنفس و کاهش وزن میوه در طول نگهداری می‌شود (Cardenas-Barboza et al., 2021). از این رو تحقیق حاضر، به منظور بررسی تاثیر کاربرد پس از برداشت نانوسلولز پوشش‌دار شده با کارواکرول خالص حاصل از گیاه مرزه خوزستانی بر کیفیت

**صفات مورد بررسی****مواد جامد محلول کل**

مواد جامد محلول فیسالیس در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد اندازه‌گیری شد. ابتدا میوه‌های فیسالیس با همزن مکانیکی به‌طور کامل و یکدست مخلوط شدند تا پوره همگن میوه بدست آمد، سپس با استفاده از رفراکتومتر (ATAGO Company, Fukuoka, Japan) مقدار مواد جامد محلول کل نمونه‌ها براساس درجه بریکس ثبت شد (Ehtesham Nia et al., 2021).

**کاهش وزن**

در ابتدای آزمایش، نمونه‌هایی که برای این آزمون انتخاب شدند به‌طور جداگانه و ثابت در یک ظرف برچسب گذاری شده نگهداری شدند. از هر ظرف سه میوه انتخاب گردید که در نهایت ۹ 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 (Duan et al., 2011).

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

W1=وزن نمونه در ابتدای آزمایش، W2=وزن نمونه در انتهای آزمایش

**اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص رسیدگی (شاخص طعم)**

اسیدیته براساس درصد اسیدسیتریک موجود در میوه با استفاده از روش پتانسیومتری اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۵ گرم از مخلوط پوره میوه در بشر کوچکی ریخته شد و با اضافه کردن آب مقطر به حجم ۵۰ رسانده شد و در نهایت میزان اسیدیته قابل تیتر به صورت درصد اسیدسیتریک بیان شد. شاخص طعم میوه نیز از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه شد (Ehtesham Nia et al., 2021).

**pH آب میوه (اسیدیته)**

میزان pH آب میوه با استفاده از دستگاه pH سنج (Hanna Instruments Inc., Romania) اندازه‌گیری شد. در هر نوبت اندازه‌گیری ابتدا دستگاه با بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شد. سپس الکتروود دستگاه داخل آب میوه قرار داده - شد و پس از ثابت شدن عدد نمایش داده شده، میزان pH ثبت گردید (Ehtesham Nia et al., 2021).

**سفتی بافت**

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی سنج (Lutron FG5020, Taiwan) و با یکبار نفوذ میله نفوذکننده با قطر ۳ میلی‌متر به درون هر میوه انجام شد. سفتی بافت میوه براساس بیشینه نیروی لازم برای نفوذ میله در گوشت میوه و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ( $\text{Kg.cm}^{-2}$ ) بیان گردید.

**ویتامین ث**

اندازه‌گیری ویتامین ث با روش یدومتری انجام گردید و برای محاسبه مقدار آسکوربیک اسید در عصاره میوه از معادله زیر استفاده شد:

$$A = \frac{S \times N \times F \times 88.1 \times 100}{10}$$

A=مقدار اسیدآسکوربیک در عصاره میوه (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)، S=مقدار محلول ید مصرف شده (میلی-لیتر)، N=نرمالیه محلول مصرف شده، F=فاکتور محلول ید مصرف شده (Ehtesham Nia et al., 2021).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

فعالیت آنتی‌اکسیدانی، 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 و 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).

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

میوه فیسالیس کاسته شد، کم‌ترین میزان سفتی بافت (۱/۹۸۷/ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در تیمار شاهد در روز ۱۳۵ام و بیش‌ترین میزان سفتی بافت (۳/۹۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در تیمار Car 0.6+ CNF 1.5% و روز ۱۴۵ام اندازه‌گیری مشاهده شد (جدول ۳). میزان نرم شدن میوه ارتباط مستقیمی با میزان تجزیه ترکیبات پکتین از طریق فعالیت آنزیمی پکتین آنزیم های متیل استراز و پلی گالاکتروناز در طول رسیدن دارد. دیواره‌های سلولی میوه غنی از پکتین هستند و پیوندهای متقابل کلسیم-پکتین عامل اصلی در تعیین خواص فیزیکی و ساختاری آن‌ها است (Hocking et al., 2016). حلالیت پکتین و کاهش مقاومت مکانیکی دیواره یاخته‌ای موجب کاهش سفتی بافت می‌شود (Ahmadi Soleimanie and Vafae, 2018). فرآیند رسیدن با تحریک تولید اتیلن منجر به تغییرپذیری فیزیولوژیکی در اندام‌های گیاهی مانند نرم شدن بافت‌ها، تجزیه رنگیزه‌های گیاهی، تغییرپذیری در محتوای اسیدهای آلی (ارگانیک) و قندها و همچنین آزادسازی ترکیبات معطر و آروماتیک می‌شود (Ahmadi Soleimanie and Vafae, 2018).

### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه فیسالیس، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج اثرات متقابل نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در روزهای مختلف اندازه‌گیری، اندکی کاهش یافت اما این کاهش در روزهای ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ معنی‌دار نبود و از طرفی کاربرد تیمارها موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گردید (جدول ۳). کم‌ترین (۲۸/۳۸ درصد) و بیش‌ترین (۸۷/۰۱ درصد) میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب متعلق به تیمارهای شاهد در روز ۱۳۵ و تیمار Car 0.6+ CNF 1.5% در روز صفر بود (جدول ۴). این چنین می‌توان گفت که پوشش‌های خوراکی سبب حفظ توان آنتی‌اکسیدانی از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه و بیوستز ترکیبات فنولی از طریق افزایش فعالیت آنزیم PAL شوند

DPPH: درصد بازدارندگی رادیکال آزاد، A<sub>1</sub>: میزان جذب DPPH، A<sub>2</sub>: میزان جذب عصاره

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور، 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 و بحث

#### کاهش وزن

نتایج نشان داد که اثرات متقابل زمان انبارمانی و تیمار، بطور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر میزان کاهش وزن اثرگذار بود (جدول ۲). مقایسات میانگین (جدول ۳) نشان داد که افزایش مدت زمان انبارمانی، درصد کاهش وزن را افزایش داد، به‌طوری‌که بالاترین درصد کاهش وزن متعلق به تیمار شاهد در روز ۱۳۵ام پس از انبارمانی (۳/۴۷۰ درصد) بود. در نمونه‌های تیمار شده با نانوسلولز، کارواکرو و کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرو، کاهش وزن کم‌تری نسبت به شاهد به دست آمد و تیمار Car 0.6+ CNF 0.5% کم‌ترین درصد کاهش وزن (۲/۰۶۲ درصد) را در طول مدت زمان انبارمانی نشان داد (جدول ۳). کاهش وزن، یکی از عوامل مهمی است که بر کیفیت میوه‌های برداشت شده تاثیر می‌گذارد که به دلیل آب از دست‌دهی و شروع تنفس است و با پیشرفت پیری، آب میوه در اثر تفرق از بین می‌رود (Trevino-Garza et al., 2015). پوشش نانوسلولز با ایجاد لایه‌ای روی سطح میوه، از تبخیر آب جلوگیری می‌کند و فرآیندهای متابولیک و تنفس را کاهش می‌دهد (Guerra et al., 2015) و همین سبب می‌شود کاهش وزن میوه در طی دوره انبارمانی به تاخیر بیافتد.

#### سفتی بافت

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی، در سطح احتمال یک درصد برای سفتی بافت معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، در روزهای ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ام پس از انبارمانی، از سفتی بافت

شاهد شده، به طوری که کمترین میزان pH متعلق به تیمارهای Car 0.3+CNF 0.5% در روز صفر و Car 0.3+CNF 1.5% در روز ۴۵ام بود (به ترتیب به میزان ۳/۱۷ و ۳/۱۵) (جدول ۴). از دست دادن اسیدیت در میوه‌های بدون پوشش می‌تواند به دلیل استفاده از اسیدهای آلی به عنوان سوپرا برای متابولیسم تنفسی باشد (Díaz-Mula *et al.*, 2012). اسیدیت یک پارامتر مهم در حفظ کیفیت میوه است که ارتباط مستقیمی با غلظت اسیدهای آلی غالب آن دارد. اسیدهای آلی توسط واکنش‌های تنفسی برای تامین انرژی لازم برای فعالیت‌های طبیعی سلول‌ها در زمان ذخیره‌سازی مصرف می‌شوند (Gao *et al.*, 2013). پوشش‌های مورد استفاده یک لایه نازک را روی سطوح میوه تشکیل می‌دهند که می‌تواند تبادل گاز و میوه و میزان تنفس را کاهش دهد (Cosme Silva *et al.*, 2017).

(Lvov *et al.*, 2015). بعلاوه، اسانس‌ها می‌توانند باعث افزایش ساختاری آنتی‌اکسیدان‌های بافت‌های گیاهی شامل سیستم‌های آنزیمی و غیر آنزیمی شوند (Jin *et al.*, 2012). این احتمال وجود دارد که اسانس‌ها به عنوان "سیگنال" عمل می‌کنند؛ ترکیباتی که سیگنال را تحریک می‌کند شبیه یک استرس خفیف است و به عنوان یک پاسخ دفاعی، ترکیبات فلی و فلاونوئیدهای اضافی تولید می‌کند و منجر به افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود (Peng *et al.*, 2012).

### اسیدیت (pH)

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی برای این ویژگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. بررسی مقایسات میانگین نشان دهنده افزایش pH آب میوه با افزایش مدت زمان پس از برداشت بود و بیشترین میزان (۳/۸۵۷) در روز ۱۳۵ام در تیمار شاهد به ثبت رسید (جدول ۴). کاربرد تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش، موجب کاهش pH نسبت به تیمار

**Table 2. Analysis of variance of the effect of treatments on some traits of Physalis peruviana L.**

S.O.V.	Df	Mean Squares							
		Weight loss	Firmness	pH	TA	TSS	TSS/TA	Vitamin C	Antioxidant
Treatment	8	0.472**	0.671**	0.0671**	0.0014**	20.779**	737.66**	165.49**	4159.38**
Day	3	56.397**	10.546**	0.729**	0.0463**	126.245**	354.08**	2087.95**	658.38**
Treatment * Day	24	0.116**	0.119**	0.0136*	0.0003**	0.538 <sup>ns</sup>	55.11 <sup>ns</sup>	40.80**	23.77**
Error	108	0.0449	0.055	0.0081	0.0001	1.392	39.42	15.66	7.27
C.V.%	-	11.37	7.52	2.56	4.36	7.6	9.21	5.15	4.05

Ns, \*, \*\*: are not significant and significant at 5 and 1% at probability levels, respective.

**Table 3. Comparison of mean weight loss, firmness and antioxidant of Physalis peruviana L.**

Treatment	Day	Weight loss (%)				Firmness (Kg.cm <sup>-2</sup> )				Antioxidant			
		0	45	90	135	0	45	90	135	0	45	90	135
control	0	2.485 <sup>eh</sup>	2.990 <sup>b</sup>	3.470 <sup>a</sup>	3.597 <sup>ac</sup>	2.875 <sup>ej</sup>	2.485 <sup>km</sup>	1.987 <sup>n</sup>	34.95 <sup>s</sup>	31.31 <sup>st</sup>	30.59 <sup>t</sup>	28.38 <sup>t</sup>	
CNF 0.5 %	0	2.302 <sup>fk</sup>	2.597 <sup>cf</sup>	2.837 <sup>bc</sup>	3.625 <sup>ac</sup>	2.950 <sup>eh</sup>	2.807 <sup>fk</sup>	2.400 <sup>lm</sup>	71.20 <sup>ik</sup>	70.93 <sup>ik</sup>	68.73 <sup>km</sup>	61.86 <sup>op</sup>	
CNF 1.5 %	0	2.252 <sup>hk</sup>	2.530 <sup>dh</sup>	2.815 <sup>bd</sup>	3.662 <sup>ab</sup>	3.330 <sup>cd</sup>	2.875 <sup>ej</sup>	2.325 <sup>m</sup>	71.37 <sup>ik</sup>	69.94 <sup>jl</sup>	67.14 <sup>lm</sup>	63.33 <sup>no</sup>	
Car 0.3 %	0	2.300 <sup>gk</sup>	2.575 <sup>cg</sup>	2.632 <sup>ce</sup>	3.572 <sup>bc</sup>	3.050 <sup>dg</sup>	2.932 <sup>ei</sup>	2.567 <sup>jm</sup>	59.48 <sup>p</sup>	53.10 <sup>q</sup>	49.35 <sup>l</sup>	42.44 <sup>r</sup>	
Car 0.6 %	0	2.342 <sup>ek</sup>	2.452 <sup>ei</sup>	2.502 <sup>eh</sup>	3.600 <sup>ac</sup>	3.550 <sup>bc</sup>	3.090 <sup>df</sup>	2.512 <sup>km</sup>	69.65 <sup>jl</sup>	68.98 <sup>km</sup>	67.09 <sup>ln</sup>	66.39 <sup>ln</sup>	
Car 0.3+ CNF 0.5 %	0	2.107 <sup>jk</sup>	2.592 <sup>cg</sup>	2.535 <sup>dh</sup>	3.700 <sup>ab</sup>	3.707 <sup>ab</sup>	2.750 <sup>gk</sup>	2.520 <sup>km</sup>	81.85 <sup>cd</sup>	79.01 <sup>df</sup>	75.34 <sup>fn</sup>	71.68 <sup>hk</sup>	
Car 0.3+ CNF 1.5 %	0	2.297 <sup>gk</sup>	2.352 <sup>ek</sup>	2.425 <sup>ei</sup>	3.655 <sup>ac</sup>	3.720 <sup>ab</sup>	2.805 <sup>fk</sup>	2.572 <sup>jm</sup>	77.85 <sup>ef</sup>	75.67 <sup>fg</sup>	73.83 <sup>gi</sup>	69.37 <sup>im</sup>	
Car 0.6+ CNF 0.5 %	0	2.062 <sup>k</sup>	2.110 <sup>jk</sup>	2.175 <sup>ik</sup>	3.780 <sup>ab</sup>	3.805 <sup>ab</sup>	3.120 <sup>df</sup>	2.612 <sup>im</sup>	86.44 <sup>ab</sup>	79.70 <sup>de</sup>	72.94 <sup>gj</sup>	65.70 <sup>mn</sup>	
Car 0.6+ CNF 1.5 %	0	2.392 <sup>ej</sup>	2.415 <sup>ei</sup>	2.522 <sup>dh</sup>	3.852 <sup>ab</sup>	3.915 <sup>a</sup>	3.200 <sup>de</sup>	2.707 <sup>hl</sup>	88.01 <sup>a</sup>	85.96 <sup>ab</sup>	83.74 <sup>bc</sup>	81.39 <sup>ce</sup>	

\*Mean in each column and for each day with the same letter is not significantly different at 1% of probability level.



### اسیدهای قابل تیتراسیون

میلی لیتر آب میوه) را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). طی فرآیند انبارمانی، میزان ویتامین ث تحت تاثیر فعالیت آنزیم اکسیدکننده اسیدآسکوربیک (آسکوربیناز) به سرعت کاهش می‌یابد (Sogvar *et al.*, 2016). آسکوربیک اسید در مقایسه با سایر مواد مغذی طی فرآیند انبارمانی نسبت به اکسیداسیون و تجزیه حساس‌تر است و دلیل احتمالی کاهش آن، اتواکسیداسیون است که به طور خودبخودی در مجاورت اکسیژن، اکسید می‌شود (Sogvar *et al.*, 2016). در حین انبارمانی محصولات، اسیدآسکوربیک در نتیجه فعالیت برخی آنزیم‌ها (پراکسیداز، فنولاز و آسکوربیک اسیداکسیداز) و نیز در مقابله با انواع گونه‌های اکسیژن فعال به مرور زمان کاهش می‌یابد (Eshghi *et al.*, 2014). پوشش‌های کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرول با کاهش اکسیژن درونی، منجر به افزایش فعالیت سیتوکروم اکسیداز شده و این آنزیم سرعت تجزیه اسیدآسکوربیک را افزایش می‌دهد (Pek and Helyes, 2010). علاوه بر این، پوشش‌ها تغییراتی را در میزان انتقال O<sub>2</sub> و CO<sub>2</sub> از طریق پوشش ایجاد می‌کند و لایه‌ای روی سطح میوه تشکیل داده که سرعت تنفس میوه پوشش داده شده را کاهش می‌دهد و اکسیداسیون اسید اسکوربیک را به دلیل فعالیت اسید اسکوربیک اکسیداز و پلی فنول اکسیداز حفظ می‌کند (Hussain *et al.*, 2019).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل زمان انبارمانی و تیمار، در سطح احتمال یک درصد بر پارامتر مذکور معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی نتایج به دست آمده از مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارها، اسیدیته قابل تیتراسیون در طول ۱۳۵ روز انبارمانی، روند کاهشی را نشان داد و کم‌ترین مقدار (۰/۱۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) هم در همین تیمار به دست آمد (جدول ۴). تیمارهای نانوسلولز و کارواکرول موجب افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون شدند. بیش‌ترین مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون (۰/۲۸۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در تیمار C 0.6+CNF 0.5% در روز صفر اندازه‌گیری به دست آمد (جدول ۴). تبدیل متابولیک ممکن است منجر به کاهش سرعت تنفس شود، بنابراین غلظت بالاتری از اسیدهای آلی حفظ می‌شود. کاهش سریع‌تر اسیدیته قابل تیتراسیون ممکن است منجر به افزایش پیری بافت شود (Hong *et al.* 2016). نانوسلولز و کارواکرول، مانند هر پوشش دیگری، تنفس را کاهش می‌دهد و نرخ تولید اتیلن با محدود کردن تبادل گاز که منجر به افزایش CO<sub>2</sub> و کاهش O<sub>2</sub> و در نتیجه باعث کاهش مصرف اسیدهای آلی و جلوگیری از افزایش pH میوه می‌شود (Salvia-Trujillo *et al.*, 2015).

### ویتامین ث

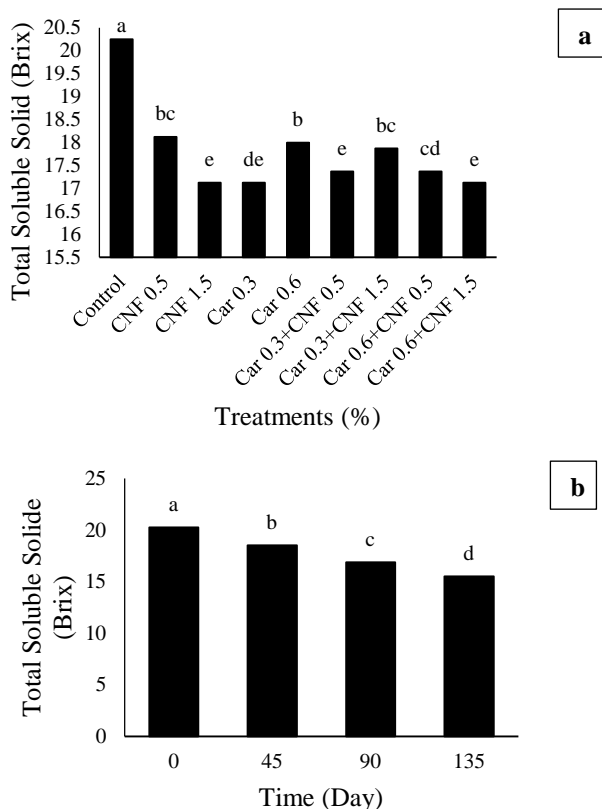
نتایج تجزیه واریانس جدول ۲ نشان داد اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی در سطح احتمال یک درصد بر میزان ویتامین ث معنی‌دار شد. بررسی مقایسات میانگین نشان داد که پوشش‌های مورد استفاده، اثر معناداری بر میزان ویتامین ث داشته و موجب افزایش ویتامین ث در تیمارهای مورد استفاده شدند (جدول ۴). تیمار CNF 0.5% در روز صفر، بیش‌ترین میزان ویتامین ث (۸۶/۷۱۸ میلی‌گرم ویتامین در میلی‌لیتر آب میوه) و تیمار شاهد در روز ۱۳۵م پس از برداشت کم‌ترین میزان ویتامین ث (۵۸/۵۹۳ میلی‌گرم ویتامین در

فریدونی و همکاران: بررسی اثرات کاربرد پس از برداشت...

**Table 4. Comparison of mean PH, TA and Vitamin C of *Physalis peruviana* L.**

Treatments	pH				TA (%)				Vitamin C (mg/100 ml)				
	Day	0	45	90	135	0	45	90	135	0	45	90	135
control		3.392 <sup>lq</sup>	3.537 <sup>lj</sup>	3.710 <sup>bd</sup>	3.857 <sup>a</sup>	0.272 <sup>bd</sup>	0.216 <sup>k</sup>	0.193 <sup>np</sup>	0.180 <sup>p</sup>	83.46 <sup>ac</sup>	70.497 <sup>il</sup>	65.075 <sup>ln</sup>	58.593 <sup>o</sup>
CNF 0.5 %		3.335 <sup>pq</sup>	3.497 <sup>gm</sup>	3.495 <sup>hn</sup>	3.655 <sup>bf</sup>	0.278 <sup>ac</sup>	0.247 <sup>gi</sup>	0.217 <sup>jk</sup>	0.200 <sup>mo</sup>	86.718 <sup>a</sup>	82.802 <sup>ad</sup>	67.210 <sup>k</sup>	67.968 <sup>jm</sup>
CNF 1.5 %		3.377 <sup>lq</sup>	3.462 <sup>io</sup>	3.457 <sup>ip</sup>	3.677 <sup>be</sup>	0.273 <sup>ad</sup>	0.240 <sup>hi</sup>	0.193 <sup>np</sup>	0.199 <sup>mo</sup>	86.156 <sup>ab</sup>	82.980 <sup>ac</sup>	77.367 <sup>dh</sup>	73.437 <sup>hj</sup>
Car 0.3 %		3.350 <sup>oq</sup>	3.607 <sup>dh</sup>	3.695 <sup>bd</sup>	3.750 <sup>ab</sup>	0.270 <sup>be</sup>	0.200 <sup>mo</sup>	0.201 <sup>lo</sup>	0.197 <sup>mo</sup>	85.531 <sup>ac</sup>	80.320 <sup>cg</sup>	75.665 <sup>fi</sup>	62.468 <sup>mo</sup>
Car 0.6 %		3.397 <sup>kq</sup>	3.500 <sup>gl</sup>	3.552 <sup>ej</sup>	3.737 <sup>ac</sup>	0.276 <sup>ac</sup>	0.232 <sup>ij</sup>	0.187 <sup>op</sup>	0.197 <sup>mo</sup>	85.875 <sup>ab</sup>	81.375 <sup>ae</sup>	74.022 <sup>hi</sup>	60.156 <sup>no</sup>
Car 0.3+ CNF 0.5		3.315 <sup>q</sup>	3.327 <sup>q</sup>	3.567 <sup>ei</sup>	3.622 <sup>cg</sup>	0.263 <sup>cf</sup>	0.244 <sup>gi</sup>	0.209 <sup>km</sup>	0.205 <sup>kn</sup>	84.375 <sup>ac</sup>	82.807 <sup>ad</sup>	75.677 <sup>fi</sup>	73.500 <sup>hj</sup>
Car 0.3+ CNF 1.5		3.342 <sup>oq</sup>	3.317 <sup>q</sup>	3.482 <sup>hn</sup>	3.595 <sup>dh</sup>	0.282 <sup>ab</sup>	0.254 <sup>fh</sup>	0.204 <sup>kn</sup>	0.204 <sup>kn</sup>	85.375 <sup>ac</sup>	81.915 <sup>ae</sup>	75.012 <sup>gi</sup>	71.312 <sup>ik</sup>
Car 0.6+ CNF 0.5		3.355 <sup>oq</sup>	3.370 <sup>nq</sup>	3.522 <sup>gk</sup>	3.605 <sup>dh</sup>	0.287 <sup>a</sup>	0.258 <sup>dg</sup>	0.216 <sup>kl</sup>	0.216 <sup>kl</sup>	82.808 <sup>ad</sup>	80.910 <sup>bf</sup>	73.172 <sup>hj</sup>	71.875 <sup>hk</sup>
Car 0.6+ CNF 1.5		3.435 <sup>jq</sup>	3.372 <sup>mq</sup>	3.525 <sup>gj</sup>	3.745 <sup>ac</sup>	0.284 <sup>ab</sup>	0.255 <sup>eh</sup>	0.202 <sup>ko</sup>	0.201 <sup>lo</sup>	84.781 <sup>ac</sup>	83.750 <sup>ac</sup>	77.100 <sup>eh</sup>	72.062 <sup>hk</sup>

\*Mean in each column and for each day with the same letter is not significantly different at 1% of probability level.



**Figure 1. Effect of treatments (a) and storage time (b) on TSS of *Physalis peruviana* L. fruits**

### شاخص طعم (شاخص رسیدگی)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده زمان انبارمانی و تیمار، در سطح احتمال یک درصد بر شاخص طعم میوه معنی‌دار شد، اما اثر متقابل تیمار و مدت زمان انبارمانی برای شاخص طعم معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شاخص طعم به ترتیب در تیمار شاهد (۷۴/۳۸۶) و تیمار Car 0.6+CNF 1.5% (۶۰/۲۳۸) به دست آمد (شکل ۲). در مدت زمان ۱۳۵ روز انبارمانی نیز شاخص طعم میوه روندی افزایشی نشان داد و بیش‌ترین میزان (۸۷/۱۹۱) درجه بریکس) متعلق به روز ۱۹۰ام پس از برداشت بود (شکل ۲).

### 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 معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج اثرات ساده تیمارها نشان دهنده کاهش مواد جامد محلول در میوه‌های تیمار شده نسبت به تیمار شاهد بود و بیش‌ترین مقدار (۲۰/۲۵) درجه بریکس) در تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۱). هم‌چنین مقایسه میانگین اثرات ساده زمان انبارمانی نیز نشان دهنده کاهش مواد جامد محلول با افزایش تعداد روز پس از برداشت بود، بیش‌ترین (۲۰/۲۵) درجه بریکس) و کم‌ترین (۱۵/۵) درجه بریکس) میزان برای این پارامتر در روزهای صفر و ۱۳۵ مشاهده شد (شکل ۱). در میوه‌های رسیده، کاهش مواد جامد محلول به دلیل مصرف آن در تنفس و تامین انرژی برای فرآیندهای انرژی‌خواه می‌باشد. هم‌چنین این کاهش می‌تواند در اثر شکستن کربوهیدرات‌ها، مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچکتر باشد. همانطور که در پژوهش Heydar Nejad *et al.* (2017) نیز کاهش مواد جامد محلول میوه فیسالیس زرد با گذشت زمان انبارمانی مشاهده گردید. با کاربرد پوشش روی میوه طی دوره پس از برداشت، فرآیند پیری میوه کاهش یافته و باعث کاهش تولید و اثر اتیلن، کاهش تنفس و حفظ دیواره سلولی، که در نهایت منجر به حفظ بهتر مواد جامد محلول می‌شود. بنابراین، هرگونه کاهش فعالیت‌های متابولیک (به ویژه تنفس) باعث کاهش بیوستز و عمل اتیلن میوه می‌شود (Steelheart *et al.*, 2019).

فریدونی و همکاران: بررسی اثرات کاربرد پس از برداشت...

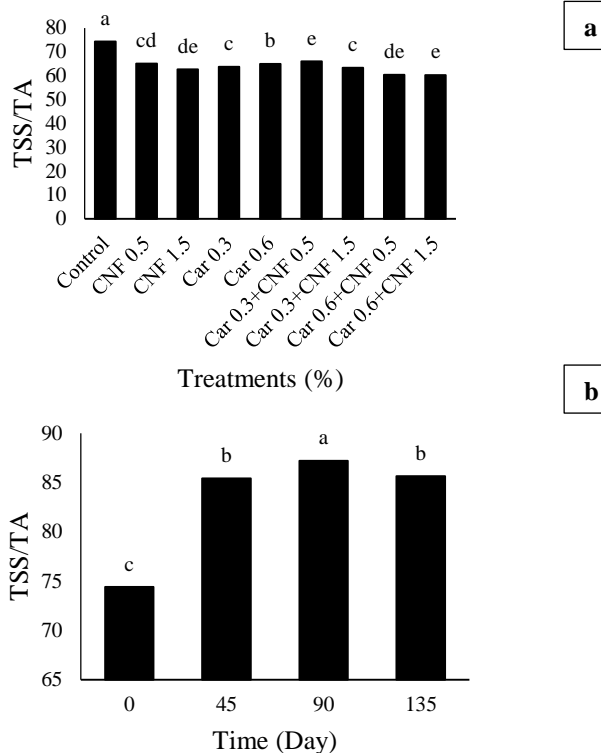
قابل تیتراسیون و ویتامین ث بالاتر بودند. بر این اساس، کم‌ترین درصد کاهش وزن در تیمار کارواکرول ۰/۶ درصد+نانوسلولز ۱/۵ درصد، پایین‌ترین مقدار اسیدیته آب میوه در تیمار کارواکرول ۰/۳ درصد + نانوسلولز ۰/۵ درصد و کم‌ترین مواد جامد محلول و شاخص طعم نیز در تیمار کارواکرول ۰/۶ درصد + نانوسلولز ۱/۵ درصد Car 0.6+CNF 1.5% به دست آمد. تیمارهای کارواکرول ۰/۶ درصد + نانوسلولز ۰/۵ درصد، کارواکرول ۰/۶ درصد + نانوسلولز ۱/۵ و نانوسلولز ۰/۵ درصد به ترتیب بالاترین میزان اسیدهای قابل تیتراسیون، سفتی بافت و ویتامین ث را نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج کلی، می‌توان اظهار داشت که کاربرد تیمارهای کامپوزیت نانوسلولز/کارواکرول به ویژه تیمار کارواکرول ۰/۶ درصد + نانوسلولز ۱/۵ درصد نسبت به کاربرد هر کدام به تنهایی در اکثر ویژگی‌ها، نتایج مطلوب‌تری را نشان دادند.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان و آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واحد خرم‌آباد، جهت مساعدت در انجام پژوهش حاضر سپاس‌گزاری می‌کنند.

### Reference

- Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Alejandra Rojas Graü, M. & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 47, 168-177.
- Ahmadi Soleimanie, S. & Vafaei, Y. (2018). Storability and postharvest quality of five Iranian grape cultivars during cold storage. *Plant Physiology Reports*, 3(21), 1-12.
- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K. & 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. *Conference of Shiraz Branch, Islamic Azad University*. Shiraz, Iran.
- Amorati, R., Foti, M.C. & Valgimigli, L. (2013). Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 61, 10835-10847.



**Figure 2. Effect of treatments (a) and storage time (b) on TSS/TA of *Physalis peruviana* L. fruits**

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج تحقیق نشان داد که ویژگی‌های مورد بررسی در میوه فیسالیس، تحت تاثیر تیمارهای مورد استفاده قرار گرفت. به‌طوری‌که نمونه‌های تیمار شده دارای کاهش وزن کم‌تر، اسیدیته، مواد جامد محلول و شاخص طعم پایین‌تر، سفتی بافت، اسیدهای

- Cardenas-Barboza, L. C., Paredes-Cordoba, A. C., Serna-Cock, L., Guancha-Chalapud, M. and Torres-Leon, C. (2021). Quality of *Physalis peruviana* fruits coated with pectin and pectin reinforced with nanocellulose from *P. peruviana* calyces. *Heliyon*, 7(9), 441-455.
- Cosme Silva, G. M., Silva, W. B., Medeiros, D. B., Salvador, A. R., Cordeiro, M. H. M., da Silva, N. M. and 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.
- Diaz-Mula, H.M., Serrano, M. and Valero, D. (2012). Alginate Coatings Preserve Fruit Quality and Bioactive Compounds during Storage of Sweet Cherry Fruit. *Food Bioprocess Technology*, 5, 2990–2997.
- Duan, J., Wu, R., Stric, B. C. & Zhao, Y. (2011). Effect of edible coatings of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1), 71–79.
- 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 Plant*, 18, 529–537.
- Ehtesham Nia, A., Taghipour, S., & 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.
- Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Mohammadhoseini, Z. & Ahmadi, K. (2014). Effect of nanochitosan -based coating with and without copper loaded on pHysicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne) during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 7 (8), 2397 -2409.
- Fischer, G. (2000). In Producción, poscosecha y exportación goldenberry (*PHysalis peruviana* L.). *Unibiblos: Universidad Nacional de Colombia*, p. 9-26.
- Gao, P. S., Zhu, Z. Q. & Zhang, P. (2013). Effects of chitosan-glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate Polymers*, 95, 371–378.
- Guerra, I. C. D., de Oliveira, P. D. L., de Souza Pontes, A. L., Lucio, A. S. S. C., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M. & de Souza, E. L. (2015). Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha × villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 168–178.
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M. & Akhtar, N. (2017). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Heydar Nejad, R., Ghahremani, Z., barzegar, T. & Rabiei, V. (2017). The effect of harvest stage and storage duration on fruit quality of Physalis (*Physalis angulate* L.). *Journal of Agricultural Crops Production*, 20(2), 383-394.
- Hocking, B., Tyerman, S.D., Burton, R.A. & Gilliam, M. (2016). Fruit Calcium: Transport and PHysiology. *Front Plant Science*. 7, 569.
- Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., Gong, D., Hossain, M.S. & Iqbal, A. (2016) Effect of shrimp chitosan coating on postharvest quality of banana fruit. *International Food Research Journal*, 23(3),277–283.
- Hussain, A., Rizwan, M., Ali, Q. & Ali, S. (2019). Seed priming with silicon nanoparticles improved the biomass and yield while reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat grains. *Environment Science Pollutant Research*, 26, 7579–7588.
- Morton, J. (2010). Cape Gooseberry: *Physalis peruviana* L.; *Physalis edulis* Sims. *Fruits of warm climates. Julia F. Morton: Miami Fl.*, 430-434.
- Najafi Marghmaleki, S., Mortazavi, S. M. H. & Motamedi, H. (2020). The Study of Changes in Phytochemical Compounds of Date Fruit cv. Barhee During Development and Ripening. *Plant Productions*, 42(4), 563-574. [In Persian]
- Pek, Z. & Helyes, L. (2010). Color changes and antioxidant content of vine and postharvest ripened tomato fruits. *Horticultural science*, 45(3), 466 –468.

- Pirozzi, A., Ferrari, G. & Donsì, F. (2021). The use of nanocellulose in edible coatings for the preservation of perishable fruits and vegetables. *Coatings*, 11(8), 990.
- Pizato, S., Sebastian Vega-Herrera, S., Costa Chevalier, R., Arevalo Pinedo, R. & Renzo Cortez-Vega, W. (2022). Impact of Chitosan Coatings Enriched with Clove Essential Oil on Quality of Minimally Processed Strawberries. *Food/Feed Science and Technology*, 65, e22210278.
- Rapisarda, P., Bianco, L., Pannuzzo, P. & Timpanaro, N. (2008). Effect of cold storage on vitamin C, pHenolic and antioxidant activity of five orange genotype (*Citrus sineniss L. osbeck*). *Postharvest Biology and Technology*, 49, 346-354.
- Salvia-Trujillo, L., Rojas-Grau, M.A., Soliva-Fortuny, R. & Martin-Belloso, O. (2015). Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, 105, 8–16.
- Silva, E. L. P., Carvalho, T. C. & Ayub, R. A. (2020). Blackberry extend shelf life by nanocellulose and vegetable oil coating. *Horticultural International Journal*, 4(2), 54-60.
- Sogvar, O.B., Koushesh Saba, M. & Emamifar, A. (2016). *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 114, 29–35.
- Steelheart, C., Alegre, M.L., Bahima, J.V., Senn, M.E., Simontacchi, M., Bartoli, C.G. & Grozeff, G.E. (2019). Nitric oxide improves the effect of 1-methylcyclopropene extending the tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) fruit postharvest life. *Science Horticulture*, 255, 193–201.
- Trevino-Garza, M.Z., Garcia, S., Flores-Gonzalez, M.D.S. & Arevalo-Nino, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science*, 80, 1823–1830.
- Vojodi Mehrabani, L., Valizadeh Kamran, R. & Bagher Hassanpouraghdam, M. (2019). Evaluation of Some Phytochemical Characteristics of *Berberis integerrima* in Response to Nano-Zinc Foliar Application and Post-Harvest Drying Temperature. *Plant Productions*, 42(3), 345-358. [In Persian]
- Xiao, J., Gu, C., Zhu, D., Huang, Y., Luo, Y. & Zhou, Q. (2021). Development and characterization of an edible chitosan/zein-cinnamaldehyde nano-cellulose composite film and its effects on mango quality during storage. *LWT*, 140, 325-337. 110809.
- Yadav, G.D. & Kamble, S.B. (2009). Synthesis of carvacrol by Friedel–Crafts alkylation of o cresol with isopropanol using super acidic catalyst UDCaT-5. *Journal of Chemical Technology and Biology*, 84, 1499-1508.