

The effect of edible coating with alginate and Shirazi thyme essential oil on the qualitative characteristics of Ber fruit (*Ziziphus mauritiana* Lam.) during storage

Alihsadat Rafaathaghighi¹, Leila Jafari^{2*}, Abdolmajid Mirzaalian Dastjerdi³, Farzin Abdollahi⁴

Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

* Corresponding author: jafari.leila@hormozgan.ac.ir

Introduction

Ziziphus mauritiana, also known as Ber fruit, is a tropical fruit from the Rhamnaceae family with high nutritional value and a short shelf life. The use of edible coatings on the surface of the fruit can play a positive role in increasing their shelf life. The application of alginate (Al), a linear polysaccharide derived from brown seaweed (*Macrocystis pyrifera*), which has the advantage of moisture retention, and the use of Shirazi thyme (*Zataria multiflora*) essential oil (ZEO), which contains antioxidant and antimicrobial compounds, can improve the fruit's characteristics and preserve its quality for a longer period.

Material and Methods

This study was conducted to enhance the shelf life of Ber fruits by treating them with alginate (Al) and Shirazi thyme essential oil (ZEO) at concentrations of 0.5% and 1% separately, or in combination with together. The treated fruits were then stored at a temperature of 1 ± 6 C°, and relative humidity of 90-95% for 28 days. Ber fruits at their mature green stage were harvested in 2022 from a commercial orchard in Minab, Hormozgan province. After harvesting, the fruits were transported to the Horticulture Laboratory of Hormozgan University, to apply the treatments. The factorial experiment was conducted as a completely randomized design with four replications, and ten fruits were used in each replication. Fruit parameters such as fruit weight loss, respiration rate, total soluble solids (TSS), organic acid, ascorbic acid, fruit firmness, carotenoids, and chlorophyll content were evaluated.

Results and discussion

Based on the results of the analysis of variance, the main effects of time and treatment were significant ($P<0.01$) for all characteristics. Additionally, the interaction effect of treatment and time was significant ($P<0.01$) for all traits except for ascorbic acid. Comparisons of means showed that all treatments, maintained fruit quality compared to the control. The Al + ZEO treatment had a significant effect on reducing respiration rate. This combined treatment reduced weight loss, decay percentage, and fruit softening while slowing down the increase in TSS. The alginate coating and Shirazi thyme essential oil delayed ripening and subsequent fruit softening by reducing ethylene activity. Furthermore, the coated fruits had higher levels of ascorbic acid compared to the untreated fruits. These coatings are impermeable to water vapor and create a saturated atmosphere, preventing fruit evaporation and wrinkling, thus delaying ripening. The use of essential oils in the form of a semi-permeable layer also reduces respiration and surface transpiration by inhibiting the movement of oxygen, carbon dioxide, and moisture, playing a positive role in preserving fruit quality.

Conclusion

The aim of this study was to investigate the effect of alginate coating and Shirazi thyme essential oil on the post-harvest and physicochemical characteristics, as well as the shelf life of Ber fruit. The results clearly indicate the preservation of fruit quality using edible coatings compared to the control. The combination of Al + ZEO (0.5%) had significantly positive effects on preserving the postharvest quality of Ber fruit. Therefore, the use of this combination is recommended to increase the storage life and maintain the quality of Ber fruit throughout the storage period.

Acknowledgement

The authors of this article express their gratitude and appreciation for the financial support from the Hormozgan Science and Technology Park and University of Hormozgan.

Key words: Edible coating, Fruit quality, Ber fruit, Respiration, Storage.

تأثیر پوشش خوراکی آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر صفات کیفی میوه کنار هندی

(*Ziziphus mauritiana* Lam.) در طول انبار

عالیه سادات رفعت حقیقی^۱، لیلا جعفری^۲، *عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی^۳، فرزین عبدالمهدی^۴

مسئول مکاتبات: پست الکترونیک: jafari.leila@hormozgan.ac.ir

چکیده

میوه کنار (*Ziziphus mauritiana* Lam.) یک میوه استوایی با ارزش غذایی بالا و عمر انبار مانی کوتاه است. در تحقیق حاضر، میوه‌های کنار به منظور افزایش عمر انبارمانی، به صورت جداگانه با آلژینات و اسانس آویشن شیرازی (ZEO) نیم و یک درصد و یا در ترکیب با آلژینات و ZEO تیمار و سپس در دمای 6 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ تا ۲۸ روز نگهداری شدند. نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای پس از برداشت، کیفیت میوه را در مقایسه با شاهد تیمار نشده حفظ کردند. تیمار آلژینات + ZEO در کاهش سرعت تنفس موثر بود. این تیمار ترکیبی درصد کاهش وزن، درصد پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه را کاهش داد و افزایش مواد جامد محلول را کند کرد. علاوه بر این، میوه‌های پوشش داده شده حاوی سطوح بالاتری از اسیدآسکوربیک در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده بودند. این نتایج نشان داد که استفاده از ترکیب آلژینات و ZEO می‌تواند به تأخیر روند پیری میوه‌ها کمک کند و عمر انبارمانی آن‌ها را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، پوشش خوراکی، تنفس، کنار هندی، کیفیت میوه.

مقدمه

کنار (*Ziziphus mauritiana* Lam.) میوه درختی از خانواده Rhamnaceae است. این گیاه به عناب هندی نیز معروف است و به شرایط خشک و نیمه خشک در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری سازگار است. میوه کنار، منبعی غنی از ترکیبات پلی فنل، اسید اسکوربیک، مواد معدنی ضروری و کربوهیدرات‌ها است (Pareek, & Yahia, 2013). نشان داده شده است که نگهداری میوه کنار در دماهای بالا منجر به رشد قارچ‌های بیماری‌زا و در نتیجه افزایش تنفس و تولید اتیلن می‌شود که در نهایت منجر به کاهش کیفیت میوه می‌گردد. با این وجود، نگهداری میوه‌های کنار در دماهای پایین می‌تواند باعث آسیب سرمازدگی به میوه شود (Qiuping and Wenshui, 2007). قهوه‌ای شدن یک فرآیند برگشت‌ناپذیر و نامطلوب در مرحله رسیدن و پیری میوه است و با یک سری تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی همراه است که منجر به کاهش کیفیت میوه از جمله تغییر رنگ، طعم، بافت و ارزش غذایی می‌شود (Mi Moon et al.,

2020). قهوه‌ای شدن پس از برداشت یکی از دلایل اصلی فساد بسیاری از میوه‌های تازه است و این پدیده به دلیل محتوای پلی‌فنل بالا و حساسیت به قهوه‌ای شدن، به ویژه در میوه‌های کنار بسیار مهم است (Krishna et al., 2018). این پدیده همچنین می‌تواند خواص حسی و ارزش غذایی میوه را از بین ببرد. قهوه‌ای شدن آنزیمی به طور کلی ناشی از اکسیداسیون ترکیبات فنلی است که توسط فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) کاتالیز می‌شود و در نهایت منجر به تشکیل رنگ قهوه‌ای در میوه می‌شود (Zheng et al., 2019).

اثرات مفید متعدد استفاده از پوشش‌های خوراکی در میوه‌های مختلف از جمله اثرات مثبت آنها در کاهش رطوبت و شاخص قهوه‌ای شدن در گواوا (Etemadipoor et al., 2020)، کاهش پوسیدگی و آسیب سرمازدگی در پرتقال و بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش قابلیت نگهداری میوه گواوا اثبات شده است (Etemadipoor et al., 2019).

آلژینات یک پلی‌ساکارید خطی است که از جلبک قهوه‌ای (*Macrocystis pyrifera*) به دست می‌آید. به عنوان یک فیلم خوراکی دارای مزایای زیادی از جمله غیر سمی بودن، حفظ رطوبت بالا و قابلیت ژل‌سازی خوب، زیست‌سازگاری آن با سایر اجزا و هزینه نسبتاً پایین می‌باشد (Hashemi et al., 2021b). گزارش شده است که کاربرد پوشش‌های آلی خوراکی از جمله آلژینات در میوه انبه باعث افزایش محتوای کل فنل‌ها، فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های کل می‌شود و در عین حال با حفظ کیفیت میوه، کاهش وزن آن را محدود می‌کند (Ehteshami et al., 2021).

مطالعات اخیر نشان داده است که افزودن اسانس‌های حاوی آنتی‌اکسیدان ضد میکروبی و خواص آبریز می‌تواند ویژگی‌های میوه را بهبود بخشد و سبب حفظ یکپارچگی سلولی و سفتی میوه شود همچنین با افزایش ایمنی میکروبی کیفیت میوه‌های تازه را حفظ نماید. (Murmu and Mishra, 2018).

آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss) یک گیاه دارویی مهم بومی فلات ایران است که اثرات ضد میکروبی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد (Hashemi et al., 2021a). فنل‌های اصلی در ترکیب اسانس آویشن شیرازی کارواکرول، تیمول و اوژنول هستند که تصور می‌شود به پتانسیل آنتی‌اکسیدانی قوی آنها کمک می‌کنند (Hashemi et al., 2021b). گزارش شده است که اسانس آویشن شیرازی (ZEO) در ترکیب با پوشش‌های خوراکی کربوکسی متیل سلولز (CMC) باعث افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و افزایش سطح فنل‌ها در میوه‌ها می‌شود (Dashipour et al., 2015). علاوه بر این، ثابت شده است که افزودن ZEO به پوشش‌های خوراکی، کاربرد و اثربخشی مواد را برای بسته‌بندی افزایش می‌دهد و در عین حال آنها را به شکل‌های زیست‌تخریب‌پذیرتر تبدیل می‌کند (Hashemi et al., 2021c). در واقع کاربرد ZEO روی پوشش‌های آلی باعث غنی‌سازی پوشش با ترکیبات فنلی، افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آلودگی به مخمر و کپک در پسته تازه می‌شود (Hashemi et al., 2021b). در مطالعات مشابه، ترکیب صمغ عربی و ZEO در یک پوشش خوراکی منجر به کاهش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و افزایش محتوای فنلی، فعالیت فنیل آلانین آمونیاک لیاز و نسبت اسیدهای چرب اشباع/غیراشباع در مغز پسته شد (Hashemi et al., 2021).

با توجه به این که کنار هندی از جمله میوه‌های مهم اقتصادی مناطق جنوبی کشور می‌باشد و از یک طرف تاکنون تحقیقات بسیار محدودی روی حفظ ویژگی‌های پس از برداشت میوه آن انجام شده است و از طرفی دیگر میوه کنار بسیار فساد پذیر است، لذا این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربرد پوشش آلزینات و اسانس آویشن شیرازی (ZEO) بر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی میوه کنار در شرایط انبار در دمای 6 ± 1 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

میوه‌های کنار هندی در مرحله سبز بالغ با پارامترهای رنگ سنجی $L^* = 57.30$, $a^* = -16.16$, $b^* = 41.29$ در سال ۱۴۰۱ از یک باغ تجاری در شهرستان میناب در استان هرمزگان برداشت شدند. سپس میوه‌های برداشت شده برای اعمال تیمارها به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. در آزمایشگاه میوه‌های تازه، سالم و یکنواخت، بدون آسیب مکانیکی و تغییر رنگ جدا شدند و به مدت ۱ دقیقه در هیپوکلریت سدیم (محلول ۰/۵ درصد) به منظور گندزدایی غوطه‌ور و سپس قبل از خشک شدن در هوا، به مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر شستشو داده شدند.

محلول‌های پوشش خوراکی آلزینات سدیم بر اساس روش گزارش شده توسط هاشمی و همکاران تهیه شد (2021b) و آلزینات سدیم غذایی، گلیسرول و روغن آفتابگردان از شرکت سیگما-آلدریج کمیکال (آلمان) و اسانس آویشن شیرازی از شرکت باریج اسانس (کاشان، ایران) تامین شد. تیمارهای مورد ارزیابی در این مطالعه عبارت از شاهد (بدون پوشش)، اسانس آویشن شیرازی نیم درصد، اسانس آویشن شیرازی یک درصد، آلزینات یک درصد، آلزینات یک درصد + اسانس شیرازی نیم درصد و آلزینات یک درصد + اسانس شیرازی یک درصد بودند.

آماده سازی پوشش‌ها

برای تهیه پوشش‌های خوراکی ۱ و ۱/۵ درصد (w/v) به ترتیب ۱ و ۱/۵ گرم پودر آلزینات سدیم در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر پخش شد. محلول‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شدند و تا زمانی که مخلوط شفاف ظاهر شود، هم زدن ادامه یافت. سپس ۱/۵٪ (w/v) گلیسرول و ۰/۲۵٪ (w/v) روغن آفتابگردان اضافه شد و در نهایت اسانس آویشن شیرازی در غلظت‌های ۰/۵ درصد و ۱ درصد وزنی اضافه شد. همه پوشش‌ها به مدت ۵ دقیقه قبل از اعمال، هموژنیزه شدند.

آماده سازی تیمارها

برای این منظور، میوه‌ها به مدت دو دقیقه در محلول پوشش، غوطه‌ور شدند. سپس به مدت دو دقیقه در کلرید کلسیم (۲٪ وزنی) غوطه‌ور شدند تا امکان تشکیل ژل فراهم شود و در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد در دمای محیط به مدت یک ساعت خشک شدند (Hashemi *et al.*, 2021b).

ده عدد میوه کنار هندی در هر ظرف پلی‌پروپیلنی به ابعاد $12 \times 5/5 \times 10/5$ سانتی‌متر قرار داده شدند. هر تیمار چهار بار تکرار شد و در هر تکرار تیمارها بطور مستقل اعمال شدند (میوه‌ها در محلول‌های جداگانه مربوط به هر تیمار غوطه‌ور شدند). پس از اعمال تیمارها، میوه‌های تیمار شده به مدت صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز در سردخانه با دمای 1 ± 6 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵٪ قرار گرفتند (Etemadipoor *et al.*, 2019).

ارزیابی صفات مورد آزمایش

کاهش وزن

درصد کاهش وزن میوه با اندازه‌گیری وزن میوه در ابتدای آزمایش (وزن اولیه) و وزن همان میوه در فواصل معین در طول نگهداری در انبار در هر مرحله (وزن ثانویه) توسط ترازوی دیجیتالی با دقت $0/01$ گرم ارزیابی شد (Gao *et al.*, 2014). درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۱): } 100 \times (\text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})) = \text{درصد کاهش وزن}$$

سرعت تنفس میوه

برای اندازه‌گیری سرعت تنفس میوه از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) شرکت پرکین‌المر آمریکا استفاده شد. برای این منظور، مقدار تولید دی‌اکسیدکربن ناشی از تنفس میوه در یک ظرف سربسته توسط دستگاه GC قرائت گردید. مقدار دی‌اکسیدکربن تولیدی بر اساس استاندارد خالص این ترکیب تخمین زده شد. روش کار بدین صورت بود که میوه ابتدا پس از گذراندن دوره انبارمانی به مدت چند ساعت در درون ظرف مخصوص کاملاً ایزوله از محیط بیرون، قرار گرفت و پس از کالیبره کردن دستگاه GC، توسط سرنگ مخصوص یک میلی‌لیتری، هوای درون ظرف میوه به جایگاه دستگاه GC تزریق شد. سپس بعد از گذراندن چند دقیقه، مقدار دی‌اکسیدکربن اندازه‌گیری شده توسط دستگاه یادداشت و با اندازه‌گیری وزن و حجم میوه و زمان نگهداری در ظرف و حجم ظرف براساس استاندارد خالص این ترکیب با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Gao *et al.*, 2014).

$$\text{رابطه (۲): } \text{CO}_2 = [(V_{\text{jar}} - V_{\text{fruit}}) / (W_{\text{fruit}} \times T \times 100)] \times [\text{Sample Area} / \text{Standard Area}]$$

که در این رابطه CO_2 مقدار دی‌اکسیدکربن (mL/Kg h)، V_{jar} حجم ظرف (mL)، V_{fruit} حجم میوه (mL)، W_{fruit} وزن میوه (Kg)، T زمان نگهداری میوه در ظرف (h)، Sample Area عدد قرائت شده توسط دستگاه برای نمونه مورد نظر و Standard Area عدد قرائت شده توسط دستگاه برای دی‌اکسیدکربن خالص است.

سفتی میوه

برای تعیین سفتی بافت گوشت میوه ابتدا پوست میوه در دو نقطه در بخش استوایی جدا شده و سپس با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دیجیتال (Turoni, 53205, Italy) با قطر پروب ۸ میلی‌متر، اندازه‌گیری شد. سفتی بافت گوشت میوه براساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ عمودی قسمت سر پروب به میوه بر حسب واحد نیوتن بیان گردید (Ehteshami et al., 2021).

شاخص درصد پوسیدگی میوه

درصد پوسیدگی میوه به صورت مشاهده‌ای در پنج درجه شامل صفر: سطح میوه عاری از هرگونه علامت پوسیدگی، یک: کمتر یا مساوی ۵٪ سطح میوه دارای آلودگی، دو: بیشتر از ۵٪ و کمتر یا مساوی ۲۰٪ از سطح میوه دارای علامت بیماری، سه: بیشتر از ۲۰٪ و کمتر یا مساوی ۵۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، چهار: بیشتر از ۵۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، نمره‌دهی شد. شاخص پوسیدگی با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (Wang et al., 2009):

رابطه (۳):

$$(\text{تعداد کل میوه در هر تکرار}) / (\text{تعداد میوه در هر درجه پوسیدگی}) \times (\text{درجه پوسیدگی}) = \text{شاخص پوسیدگی}$$

اسید قابل تیتراسیون

برای اندازه‌گیری اسیدهای آلی از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد، سپس به آن ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. در مرحله بعد به محلول آماده شده ۲ الی ۳ قطره فنل فتالین یک درصد اضافه شد. عمل تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا زمانی ادامه یافت که pH عصاره به عدد ۸/۲ رسید یا رنگ محلول حاوی عصاره میوه به رنگ ارغوانی متمایل به صورتی تغییر نمود. در نهایت میزان سود مصرفی در عمل تیتراسیون یادداشت شد و میزان اسید قابل تیتر میوه با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Saltveit, 2005).

رابطه (۴):

$$TA (\%) = [(V \times N \times \text{Meqwt}) / Y \times 1000] \times 100$$

که در این رابطه TA% درصد اسید قابل تیتر برحسب اسیدسیتریک، V حجم سود مصرف شده در تیتراسیون (میلی‌لیتر)، N نرمالیه سود مصرفی که برابر ۱٪ بود؛ Meq میلی‌اکی‌والان اسید غالب میوه کناره‌ندی اسیدسیتریک می‌باشد که برابر با ۰/۰۶۴ در نظر گرفته شد و Y میلی‌لیتر حجم آب میوه مصرفی بود.

مواد جامد محلول کل

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول موجود در عصاره میوه کنار هندی از دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (DBR95, Taiwan) استفاده شد. در ابتدا برای کالیبره کردن دستگاه با ریختن چند قطره آب مقطر آن را کالیبره کرده و سپس چند قطره از عصاره میوه را روی صفحه

مشور دستگاه ریخته و با فشار دادن دکمه ثبت، میزان درصد مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس قرائت و ثبت گردید (Etemadipoor *et al.*, 2020).

آسکوربیک اسید

مقدار آسکوربیک اسید با روش اسپکتروفتومتری و با استفاده از نمودار استاندارد اسید آسکوربیک اندازه گیری شد. در ابتدا مقدار ۵۰ ماکرولیتر از آب میوه را با ۵ میلی لیتر متافسفریک ۱٪ مخلوط کرده سپس مقدار ۵۰۰ ماکرولیتر از محلول آماده شده را برداشته و با ۵ میلی لیتر ایندوفنل مخلوط گردید (محلول ارغوانی رنگ حاصل می شود) سپس بعد از انجام ورتکس میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر (CE2501 Cecil, UK) در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت های صفر تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر اسید ال-آسکوربیک به دست آمد. مقدار آسکوربیک اسید میوه برحسب میلی گرم اسید آسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه شد (Etemadipoor *et al.*, 2019).

محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل

میزان کلروفیل و کارتنوئید براساس روش (Lichtenthaler & Buschmann, 2001) ارزیابی شدند. ابتدا مقدار نیم گرم از بافت میوه با ۵ میلی لیتر استون ۸۰٪ در هاون چینی سائیده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۶۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. در نهایت با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS, Perkin Elmer, USA) جذب نمونه ها در طول موج های ۴۷۵، ۶۴۵ و ۶۶۳ قرائت شدند و برای اندازه گیری میزان کلروفیل a (Chla)، کلروفیل b (Chlb)، کلروفیل کل (ChlT) و کارتنوئید (Car) از روابط ۵ تا ۸ استفاده شد.

$$\text{Chla} = (12.25A_{663} - 2.79A_{645}) * V/W * 1000 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\text{Chlb} = (21.21A_{645} - 5.1A_{663}) * V/W * 1000 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\text{ChlT} = \text{Chla} + \text{Chlb} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$\text{Car} = ((1000A_{475} - 1.8\text{Chla} - 85.02\text{Chlb}) / 198) * V/W * 1000 \quad \text{رابطه (۸)}$$

ارزیابی حسی کیفیت میوه

ارزیابی حسی کیفیت میوه کنارهندی بر اساس ارزیابی پنج نقطه ای هدونیک طراحی شد. ارزیابها ۲۰ نفر شامل مرد و زن بودند که از نظر سنی بین ۲۰ تا ۶۰ سال قرار داشتند. میوهها به صورت تازه و در شرایط یکسان جهت ارزیابی به ارزیابها ارائه شدند و این افراد براساس مزه و طعم، بو، رنگ و ظاهر میوه، در نهایت کیفیت کلی میوه را بررسی کردند و براساس مقیاس هدونیک پنج نقطه ای امتیاز دادند. امتیاز ۱: بسیار بد، امتیاز ۲: بد، امتیاز ۳: متوسط، امتیاز ۴: خوب و امتیاز ۵: بسیار خوب در نظر گرفته شد (Ameh *et al.*, 2015).

طرح آماری و آنالیز دادهها

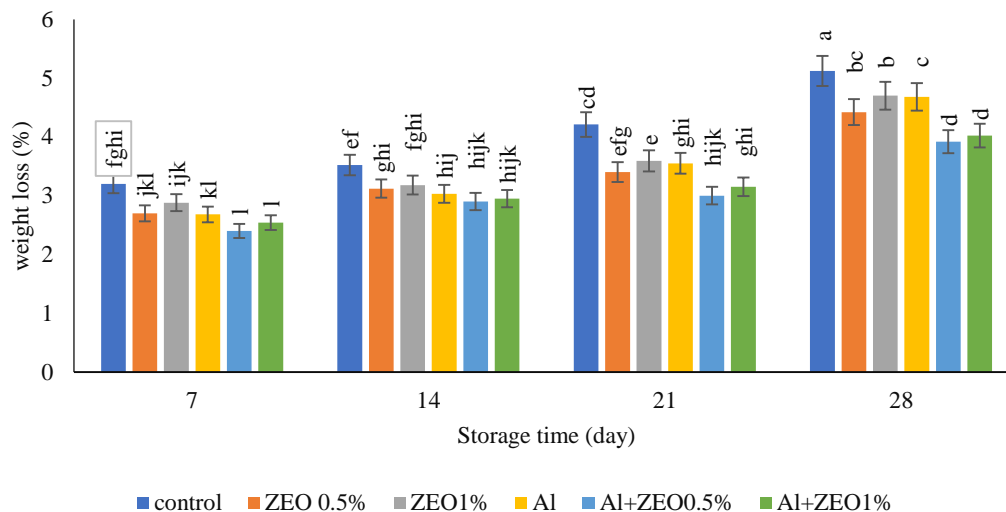
این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و تعداد ده میوه در هر تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل شش تیمار (شاهد، اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد، اسانس آویشن شیرازی یک درصد، آلزینات، آلزینات + اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد و آلزینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد) و پنج زمان (صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ روز) اندازه‌گیری صفات (درصد کاهش وزن، سرعت تنفس، درصد پوسیدگی، سفتی، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول کل، اسید آسکوربیک، کاروتنوئید و کلروفیل کل) بود. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گردید. رسم شکل‌ها نیز به وسیله نرم افزار اکسل صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده زمان و تیمار در همه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تیمار در زمان، در تمامی صفات به جز اسید آسکوربیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

کاهش وزن

مقایسه میانگین درصد کاهش وزن میوه کنار تحت تأثیر اثر متقابل زمان و تیمار نشان داد که درصد کاهش وزن در طول زمان در تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین درصد کاهش وزن در شاهد در روز ۲۸م (۵/۱ درصد) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان درصد کاهش وزن در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود (شکل ۱). پس از گذشت ۲۸ روز از انبارمانی تیمار شاهد بیشترین میزان کاهش وزن را نشان داد، اما تیمار آلزینات به همراه اسانس آویشن شیرازی نسبت به سایر تیمارها، به طور معنی‌داری تأثیر بیشتری بر کاهش وزن داشت به طوری که ۲۳/۸ درصد سبب کمتر شدن کاهش وزن نسبت به شاهد شد. کاهش وزن میوه‌ها و سبزی‌های تازه، عمدتاً به دلیل از دست دادن آب در نتیجه فرآیندهای تنفس و تعرق است (Hernandez-Munoz *et al.*, 2008). پوشش آلزینات با ایجاد یک مانع فیزیکی در برابر از دست دادن رطوبت و در نتیجه به تعویق انداختن پیری و چروکیدگی منجر به حفظ وزن در محصولات می‌شود (Fan *et al.*, 2009). نتایج حاصل از کاربرد پوشش خوراکی آلزینات سدیم بر روی میوه توت‌فرنگی (Pooraliz *et al.*, 2019) و آلو (Valero *et al.*, 2013) نیز نشان دهنده تأثیر این پوشش در کاهش از دست‌دهی وزن است. استفاده از پوشش خوراکی جهت کاهش آب از دست‌دهی میوه، به خاطر تأثیر پوشش به عنوان سد نیمه نفوذ پذیر در برابر اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، رطوبت و حرکت حلال و در نتیجه کاهش تنفس، کاهش آب از دست‌دهی و کاهش سرعت واکنش‌های اکسیداسیون است (Hashemi *et al.*, 2021a). نتایج نشان می‌دهد که خاصیت هیدروفوبیک اسانس در پوشش خوراکی آلزینات می‌تواند مانع خوبی را برای کاهش تبخیر رطوبت فراهم آورد (Choi *et al.*, 2016). کاهش نفوذ پذیری به بخار آب، ممکن است به دلیل پیوند کووالانت و هیدروژن بین ترکیبات پلی فنولیک اسانس و ماتریکس آلزینات باشد که تمایل گروه‌های هیدروفیلیک در باند شدن با آب را محدود می‌کند و در نهایت به کاهش نفوذپذیری پوشش ترکیبی به سمت آب منجر می‌شود (Siripatrawan *et al.*, 2010).

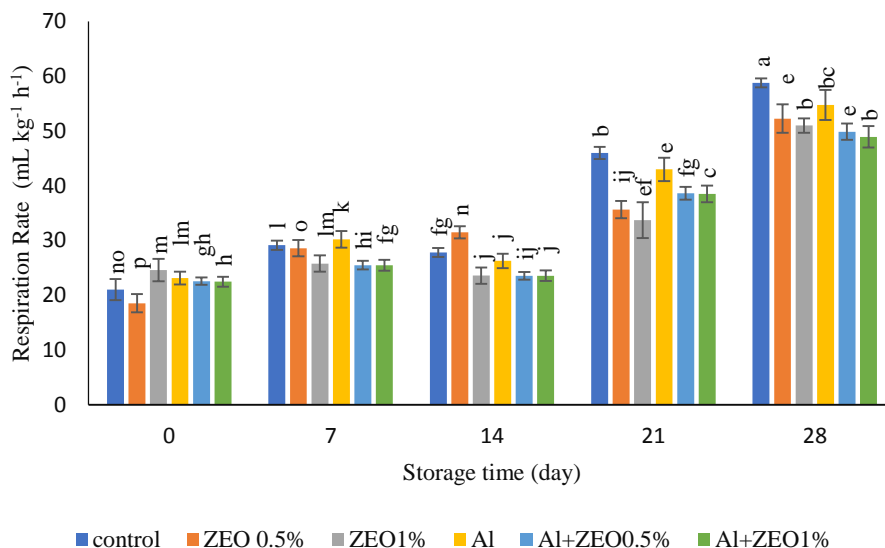


شکل ۱- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر کاهش وزن (%) میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure. 1. The effect of Al coating and ZEO on the Weight loss (%) of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

سرعت تنفس

بررسی نتایج اثر متقابل زمان و تیمار بر سرعت تنفس میوه کنار نشان داد که سرعت تنفس در طول زمان در تیمار شاهد افزایش یافته است؛ به طوری که در روز ۲۸ام بیش ترین سرعت تنفس در تیمار شاهد ($58/78 \text{ mLKg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) و کمترین سرعت تنفس در تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد ($48/9 \text{ mLKg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان سرعت تنفس در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش در تیمار آلژینات + آویشن به طور معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود (شکل ۲). کاهش وزن میوه با افزایش چروکیدگی و کاهش شفافیت، ضررهای اقتصادی بزرگی را به همراه دارد که بیشتر به علت فعالیت متابولیکی، تبخیر رطوبت از سطح پوست و تنفس است (Abad Ullah *et al.*, 2017). در حالی که نتایج برخی مطالعات نشان داده است که پوشش های آلی نسبت به بخار آب نفوذ ناپذیر بوده و با به وجود آوردن اتمسفری اشباع از رطوبت، از تبخیر و چروکیدگی میوه جلوگیری می کنند. این پوشش ها به دلیل غیر قابل نفوذ بودن نسبت به مولکولهای اکسیژن و دی اکسید کربن، اتمسفری تغییر داده شده در اطراف میوه به وجود می آورند که باعث کاهش تنفس و تأخیر در پیری و نرم شدن آن می شوند (Ben *et al.*, 1998). اسانس های روغنی نیز با تشکیل یک لایه نیمه نفوذپذیر، هرچند اجازه عبور برخی مولکولهای کوچک مشخص را می دهد اما با مانع شدن در برابر حرکت اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت، باعث کاهش تنفس و تعرق سطح میوه می شود (Hashemi *et al.*, 2021a).

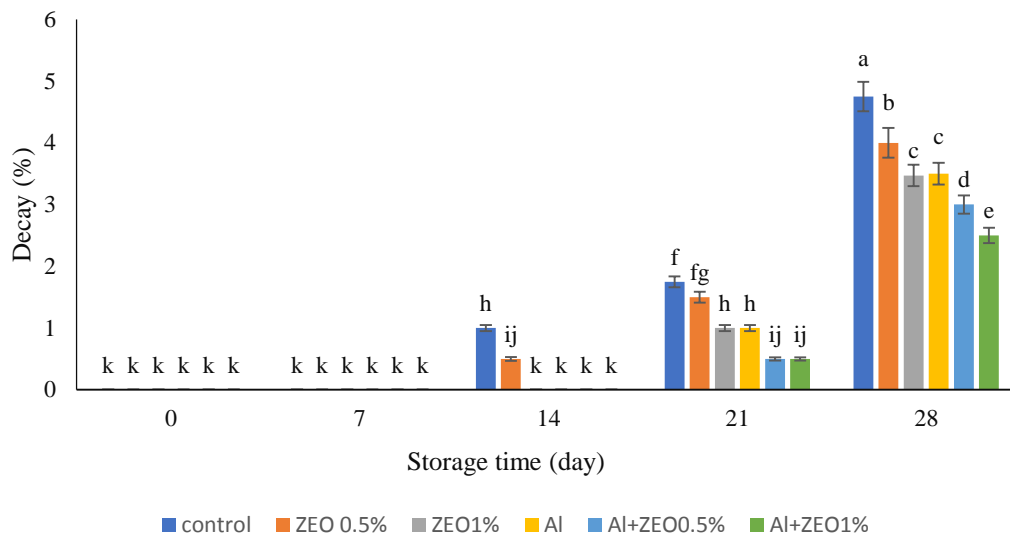


شکل ۲- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر سرعت تنفس میوه کنار هندی که در دمای 1 ± 6 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure. 2. The effect of Al coating and ZEO on the Respiration (mg) of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to DUNCAN to Duncan's multiple range test st.

درصد پوسیدگی

مقایسه میانگین درصد پوسیدگی میوه حاکی از آن است که این صفت در طول زمان در تیمارها تا روز ۱۴م به جز در نمونه های شاهد و تیمار اسانس آویشن ۵/۰ درصد، تغییر معنی داری نکرد اما پس از آن با افزایش زمان انبارمانی افزایش یافت. در بین تیمارها نیز تیمار آلژینات + اسانس آویشن ۵/۰ و ۱ درصد توانستند درصد پوسیدگی میوه را تا آخرین روز نگهداری در انبار به طور معنی داری کاهش دهند. سایر تیمارها نیز ظاهر میوه را نسبت به شاهد بیشتر حفظ کردند (شکل ۳). در تأیید این نتایج، گزارش شده است که پوشش خوراکی آلژینات سدیم در میوه توت فرنگی موجب کاهش پوسیدگی میوه می شود (Fan *et al.*, 2009). در واقع پوشش های خوراکی با ایجاد پوشش محافظتی روی سطح میوه می توانند از تخریب بافت میوه ناشی از پوسیدگی جلوگیری نمایند. از سویی دیگر این پوشش ها موجب ایجاد یک لایه نیمه نفوذناپذیر در اطراف میوه گردیده و باعث ایجاد شرایط اتمسفر داخلی تغییر یافته (کاهش O_2 و CO_2) می شوند و میوه را از رشد عوامل بیماری زا محافظت می کنند (Rojas Grau *et al.*, 2008). همچنین ثابت شده است که افزودن اسانس ها به پوشش های خوراکی می تواند عمر انبارمانی میوه ها را (در صورتی که غلظت مناسبی از اسانس به کار برده شود) به علت داشتن فعالیت ضد میکروبی افزایش دهد، زیرا ترکیبات اسانس ها به مرور زمان روی سطح محصول آزاد می شود (Bonilla *et al.*, 2012).



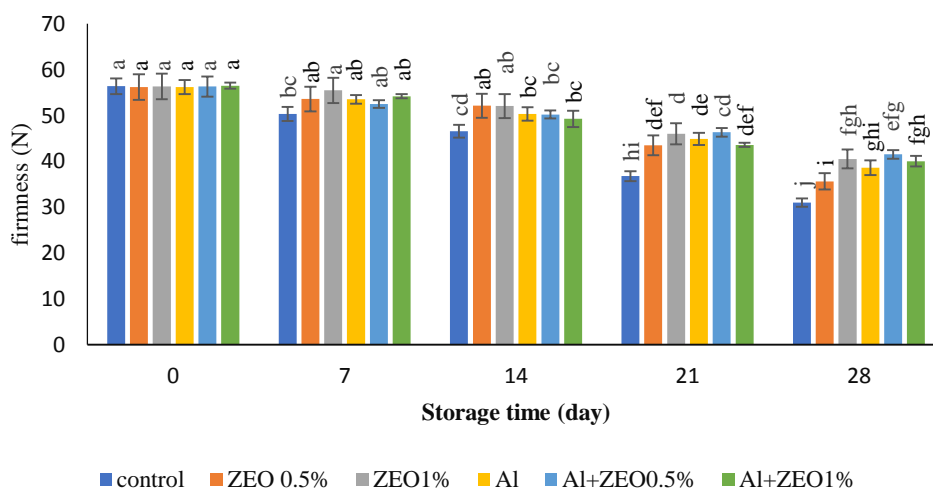
شکل ۳- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر درصد پوسیدگی میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون هلی با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure.3. The effect of Al coating and ZEO on the Decay (%) of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

سفتی

بررس نتایج شکل ۴ نشان داد که سفتی میوه در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به طور معنی داری کاهش یافت. به طوری که در پایان دوره نگهداری کمترین میزان سفتی میوه در تیمار شاهد (۳۱ نیوتن) و بیشترین میزان سفتی در تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم درصد (۴۱/۵ نیوتن) مشاهده شد. در بین تیمارهای مورد استفاده نیز میزان سفتی میوه در طول زمان کاهش یافت ولی این کاهش بسیار کمتر از شاهد بود. نتایج حاصل از این آزمایش، نشان دهنده تأثیر گذار بودن آلژینات در ترکیب با اسانس آویشن در حفظ سفتی میوه کنار است. به نحوی که با وجود کاهش میزان سفتی با گذشت زمان انبارمانی، تیمارها توانستند سفتی میوه را نسبت به تیمار شاهد حفظ کنند. نتایج ما با برخی آزمایشات دیگر همخوانی داشت به طوری که در آزمایشی استفاده از پوشش آلژینات سدیم اثر سودمندی روی حفظ سفتی ورقه‌های گلابی در طول دوره نگهداری نشان داد. از آنجایی که در این مطالعه در فرمولاسیون این پوشش از روغن آفتابگردان استفاده شده است، موجب حفظ رطوبت و در نتیجه باعث حفظ سفتی بافت محصول شد (Ahmadzade ghavidel *et al.*, 2011). هم‌راستا با نتایج این گزارش، پوشش دهی میوه با آلژینات سدیم حاوی اسانس علف لیمو موجب حفظ سفتی قطعات بریده شده آناناس (Azarakhsh *et al.*, 2014) و قطعات بریده شده خربزه (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2008) شده است. سفتی میوه‌های توت فرنگی تیمار شده با آلژینات به تنهایی و در ترکیب با اسانس اوژنول و سیترال نسبت به میوه‌های شاهد بهتر حفظ شد (Guerreiro *et al.*, 2015a). کاربرد آلژینات روی قطعات تازه برش یافته سیب نیز با جلوگیری از کاهش رطوبت و آماس در حفظ سفتی بافت مؤثر بود (Rojas-

(Grau *et al.*, 2007). همچنین Hashemi و همکاران (2021a) گزارش کردند که کاربرد پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی صمغ عربی و آلژینات سدیم در ترکیب با اسانس آویشن روی پسته‌های تازه طی دوره انباری در حفظ سفتی پوسته رویی میوه مؤثر بودند. کاربرد کیتوزان در ترکیب با اسانس آویشن به علت اثرات سینرژیستیک پوشش و اسانس آویشن به‌طور قابل توجهی در حفظ سفتی قارچ دکمه‌ای نقش داشت (Jiang *et al.*, 2011). از آنجایی که پوشش‌های خوراکی به‌همراه نرم‌کننده‌ها ممانعت‌کننده‌های خوبی برای رطوبت هستند و نقل و انتقال رطوبت به داخل دانه و خارج از آن را محدود می‌سازند. لذا میوه رطوبت کمتری از دست داده و احتمالاً همین امر باعث شده است تا نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین سفتی بیشتری داشته باشند (Wittaya, 2012). Martinez و همکاران (2003) نیز بیان کردند که استفاده از اسانس‌ها در ترکیب با پوشش‌های خوراکی با کاهش یا جلوگیری از فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین و ممانعت از پوسیدگی از طریق کنترل فعالیت میکروبی موجب حفظ سفتی بافت میوه، کاهش تولید اتیلن و کند شدن روند نرم شدن میوه شده و رسیدگی را به تأخیر می‌اندازد. سفتی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی است که قضاوت مصرف‌کننده و در نتیجه پذیرش توسط مصرف‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در طی انبارمانی فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین که پروتوپکتین را به پکتین‌های محلول در آب تجزیه می‌کند از یک طرف و کاهش فشا تورژسانس سلولی که منجر به شکستن دیواره سلولی می‌شود از طرف دیگر، منجر به نرم شدن میوه می‌گردد (Wang & Gao, 2013). دلیل حفظ سفتی میوه به وسیله پوشش آلژینات، ایجاد یک اتمسفر داخلی مناسب در میوه‌های پوشش داده شده است که منجر به کاهش متابولیسم میوه کنار و افزایش ماندگاری آن می‌گردد (Fan *et al.*, 2009). به طور کلی، پوشش‌ها روند نرم شدن میوه را کند می‌کنند که احتمالاً ناشی از خواصی است که منجر به ممانعت پوشش در جذب O_2 است که منجر به کاهش فعالیت‌های متابولیکی شده و در نتیجه فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر انداخته و از این طریق سبب حفظ سفتی میوه می‌گردد (Sogvar *et al.*, 2016).

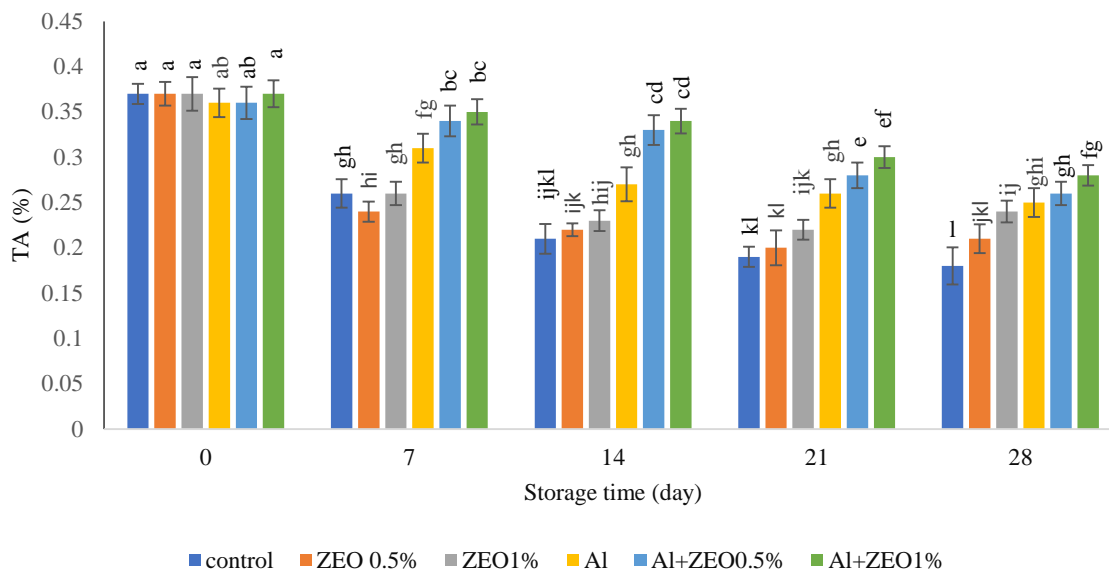


شکل ۴- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان سفتی میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط، ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure.4. The effect of Al coating and ZEO on the Firmness (N/cm) of Ber fruit stored at 6 ± 1 °C for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

اسید قابل تیتراسیون (TA)

برهمکنش تیمار و زمان انبارمانی بر مقدار اسیدآلی در سطح یک درصد معنی دار بود. میزان اسید قابل تیتراسیون در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به طور معنی داری کاهش یافت؛ به طوری که کمترین میزان اسید قابل تیتر میوه در تیمار شاهد در روز ۲۸ام (0.18%) مشاهده گردید. در تیمارها نیز میزان اسید قابل تیتر میوه در طول زمان کاهش یافت ولی این کاهش بسیار کمتر از شاهد بود و تیمار آلژینات + اسانس آویشن 1% میزان اسید قابل تیتر (0.28%) بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها داشت (شکل ۵). پوشش خوراکی ترکیبی سبب حفظ میزان اسیدهای آلی میوه شد که نتایج این بررسی همسو با نتایج محققین دیگر بر هلو (Maftoonazad *et al.*, 2008) و گلابی (Moraes *et al.*, 2012) است. در طول رسیدن و پیری محتوای اسید میوه به عنوان یک ماده مهم در متابولیسم تنفس کاهش می یابد در نتیجه، افزایش تنفس منجر به کاهش اسیدیته می شود؛ بنابراین میزان اسید میوه شاخص مناسبی برای میزان تنفس آن است (Valero *et al.*, 2013). در میوه کنار طی مدت نگهداری به ویژه در شرایط دمای پایین انبار، میزان اسید میوه کاهش یافت که می تواند به دلیل شکسته شدن اسید به قند در طی تنفس، میوه باشد. در این پژوهش نیز میزان اسید کل با گذشت زمان انبارمانی کاهش یافت؛ اما تیمار آلژینات + اسانس قادر به حفظ و افزایش اسیدیته نسبت به شاهد بود. در بین تیمارها، تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی 1% ، تأثیر بیشتری در افزایش اسیدیته داشت. پوشش های خوراکی از طریق تغییر اتمسفر درونی و کاهش میزان تنفس، تغییرات اسیدهای آلی به قند را در میوه های پوشش داده شده کاهش می دهند در واقع مصرف اسیدهای آلی که به عنوان سوسترای واکنش تنفس می باشند، کاهش یافته و سبب حفظ بیشتر اسید قابل تیتراسیون میوه می گردد. (Eshghi *et al.*, 2014).



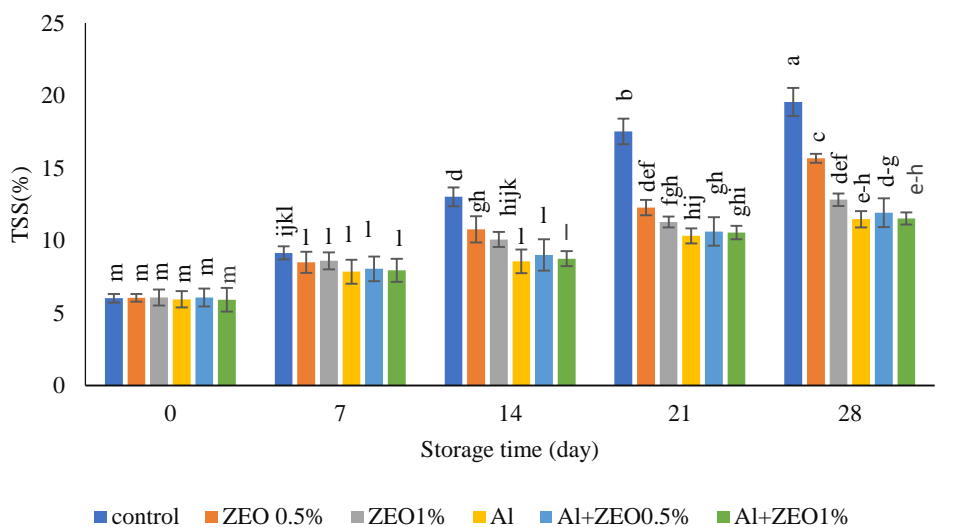
شکل ۵- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان اسید آلی میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure.5. The effect of Al coating and ZEO on the TA (mg) of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

کل مواد جامد محلول (TSS)

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود کل مواد جامد محلول در طول زمان در تیمارها و شاهد با افزایش زمان انبارمانی به طور معنی داری افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین میزان مواد جامد محلول میوه در تیمار شاهد در روز ۲۸ام ($19/55$ درصد) مشاهده گردید. در سایر تیمارها نیز میزان کل مواد جامد محلول میوه در طول زمان افزایش یافت ولی این افزایش بسیار کمتر از شاهد بود. در مجموع با کاربرد آلژینات و اسانس آویشن شیرازی یک درصد ($11/52$ درصد) کمترین میزان مواد جامد محلول در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد که این میزان با تیمار آلژینات و آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم درصد تفاوت معنی داری نداشت. مواد جامد محلول حاوی اجزای مهم به ویژه قندها و اسیدهای آلی هستند که مسئول طعم و پذیرش محصول توسط مصرف کننده می‌باشند (Garcia *et al.*, 2012). در واقع با رسیدن میوه‌ها میزان مواد جامد محلول افزایش می‌یابد و پوشش‌دهی میوه‌ها تغییراتی که موجب رسیدن محصول می‌شود را کند می‌کند (Meng *et al.*, 2007). همانطور که در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد، همچنین کاهش اکسیژن موجود در اطراف میوه (به دلیل پوشش‌دهی با اسانس و آلژینات) تبدیل نشاسته به قند را به تاخیر می‌اندازد و از هیدرولیز پلی ساکاریدهای ساختاری به منومرهای خود جلوگیری می‌کند (Thumula, 2006) از طرفی به نظر می‌رسد یکی از دلایل تجمع مواد جامد محلول در نمونه‌های شاهد، افزایش از دست‌دهی آب باشد از طرفی حلالیت‌پذیری پلی‌یورونیدها و همی سلولزهای دیواره سلولی در میوه کنار بالغ، ممکن است به افزایش در

محتوای مواد جامد محلول کمک کند (Guerreiro *et al.*, 2015). پوشش یک لایه نیمه نفوذپذیر ایجاد می کند و تبخیر و تعرق را کاهش داده و با کاهش سرعت تنفس سبب کاهش مواد جامد محلول در میوه پوشش داده شده نسبت به شاهد می گردد (Ghasemi *et al.*, 2016). با افزایش زمان انبارمانی مقدار محتوای مواد جامد محلول نیز افزایش یافت که با نتایج کار محققین دیگر همخوانی دارد (Hernandez- Munos *et al.*, 2008; Tanada-Palmo & Graso, 2005).



شکل ۶- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان مواد جامد محلول میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Figure.6. The effect of Al coating and ZEO on the TSS of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

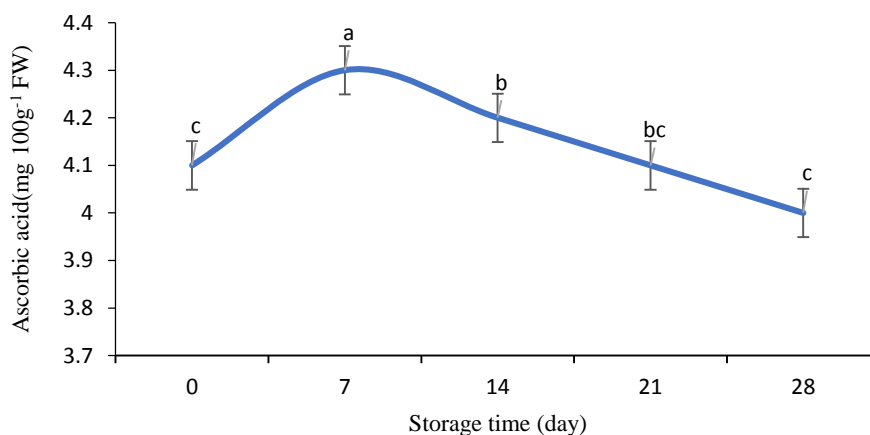
اسیدآسکوربیک

مقایسه میانگین اثر زمان بر اسیدآسکوربیک نشان داد که اسیدآسکوربیک در طول زمان تا روز هفتم افزایش معنی داری یافت و سپس با افزایش زمان انبارمانی کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین و کمترین میزان اسیدآسکوربیک به ترتیب در روزهای هفتم و بیست و هشتم ($4/3$ و 4 میلی گرم) مشاهده گردید (شکل ۷).

مقایسه میانگین اثر تیمار بر اسیدآسکوربیک نشان داد که تیمارها اثر معنی داری بر میزان اسیدآسکوربیک داشتند و میزان اسیدآسکوربیک را بطور معنی دار در مقایسه با شاهد افزایش دادند، هرچند تفاوت معنی دار بین تیمارها مشاهده نشد (شکل ۸).

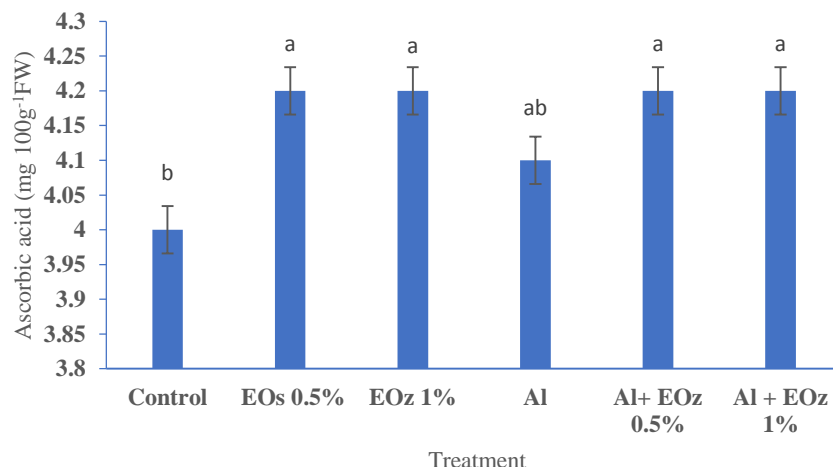
مقدار اسیدآسکوربیک طی انبارمانی روند کاهشی داشت. از طرف دیگر در بین تیمارهای مختلف آلژینات به همراه اسانس آویشن بیشترین میزان اسیدآسکوربیک را دارا بود. به طور معمول، مقدار اسیدآسکوربیک با گذشت زمان انبارمانی کاهش می یابد؛ همان طور که در این پژوهش نیز کاهش یافت. این کاهش در نتایج به دست آمده از پژوهش های انجام شده بر روی میوه گواوا (Nair *et al.*, 2018) و

توت‌فرنگی (Gol *et al.*, 2013) نیز گزارش شده است. اسکوربیک اسید به عنوان یک ماده تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی با از بین بردن گونه‌های اکسیژن واکنشی می‌تواند به جلوگیری از پیری کمک کند. کاهش میزان اسیدآسکوربیک در طول دوره انبارمانی به دلیل فعالیت آنزیم اسکوربیک اسید اکسیداز است که اسکوربیک‌اسید را به دهیدرو اسکوربیک‌اسید و فنل اکسیداز تبدیل می‌کند. از دلایل دیگر کاهش اسیدآسکوربیک، اتو اکسیداسیون است که این پدیده به طور خود به خودی هنگامی که اسکوربیک‌اسید با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود، اتفاق می‌افتد (Sogvar *et al.*, 2016). برخی محققین فرآیندهای اکسیداتیو را عامل اصلی تخریب اسیدآسکوربیک در بافت میوه‌ها بیان کردند و دریافتند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده تسریع می‌شود (Pooraziz *et al.*, 2019). همچنین به نظر می‌رسد دلیل کاهش تخریب اسیدآسکوربیک با کاربرد پوشش‌های خوراکی در مطالعه حاضر، کاهش نفوذپذیری این پوشش‌ها به اکسیژن و نقش اسانس‌ها در ممانعت از نفوذ گازها است که کاهش سرعت رسیدن و تأخیر در واکنش‌های اکسیداسیون اسیدآسکوربیک در میوه را به دنبال دارند (Sogvar *et al.*, 2016).



شکل ۷- تاثیر زمان انبارمانی بر میزان اسیدآسکوربیک میوه کنار. هندی حروف کوچک مشابه نشان دهنده تفاوت غیر معنی دار در سطح احتمال ۰.۱٪ با استفاده از آزمون دانکن است.

Figure 7. Effect of storage time on Ascorbic acid of Ber fruit. Similar small letters indicate non-significant difference at 1% level of probability using Duncan's multiple range test.



شکل ۸- تاثیر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان اسید آسکوربیک میوه کنار هندی

Figure 8. Effect of Al coating and ZEO on Ascorbic acid of Ber fruit.

محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل

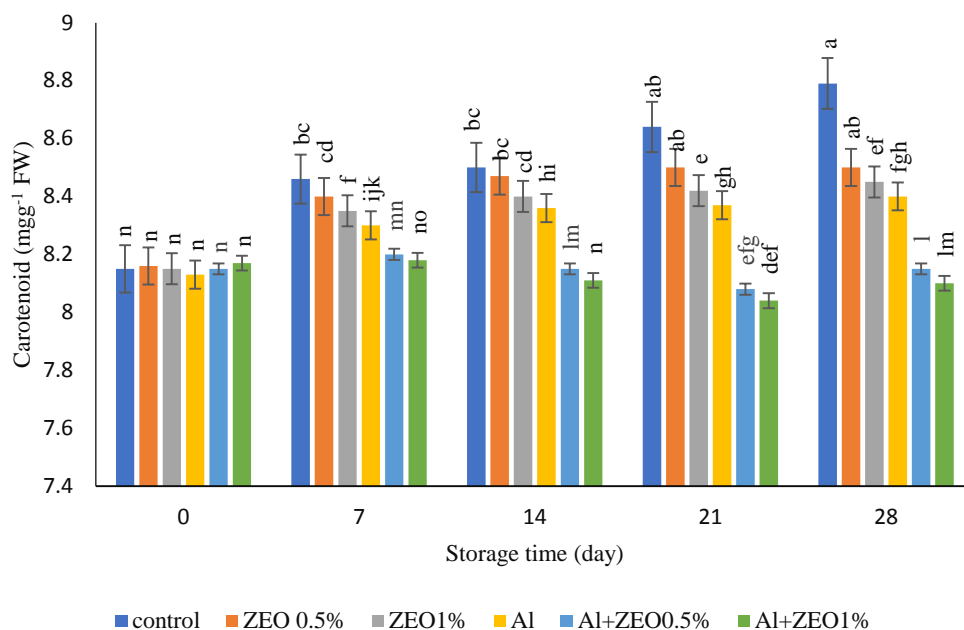
تاثیر تیمار آلژینات غنی شده با اسانس آویشن در طی دوره نگهداری بر محتوای کارتنوئید و کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که میزان کارتنوئید کل میوه تا روز ۲۱م در تیمارهای شاهد و اسانس آویشن افزایش معنی‌داری یافت اما افزایش آن تا روز ۲۸م معنی‌دار نبود. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است تیمار آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد و آلژینات + اسانس آویشن شیرازی نیم درصد به ترتیب با مقدار ۸/۱ و ۸/۱۵ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با اختلاف معنی داری در مقایسه با شاهد (۸/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سایر تیمارها مقدار کارتنوئید کمتری نشان دادند. برخی پژوهشگران گزارش نموده‌اند که میزان کارتنوئیدها در میوه کنار با گذشت زمان و عبور از مراحل مختلف نموی، افزایش می‌یابد (Reche *et al.*, 2021) که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. استفاده از پوشش خوراکی هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی گواوا (Vishwasrao *et al.*, 2016) و صمغ خوراکی حاوی اسانس میخک روی پایپا (Joshi *et al.*, 2017) تخریب کلروفیل را به تاخیر انداخته بود و در نتیجه تغییر رنگ میوه که ناشی از تخریب کلروفیل و تحریک سنتز رنگیزه‌های دیگر مانند کارتنوئیدها می‌باشد را کاهش دهد، که این نتایج با تغییر کارتنوئید میوه های کنار پوشش داده شده با آلژینات و اسانس آویشن شیرازی مطابقت دارد.

محتوای کلروفیل در طی زمان کاهش یافت که نشان دهنده تغییر رنگ میوه از سبز به زرد می‌باشد (شکل ۱۰). در انتهای دوره انبارمانی حداکثر میزان کلروفیل کل در میوه‌های تیمار شده با آلژینات + اسانس آویشن شیرازی یک درصد (۳/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد (۲/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد (شکل ۱۰).

محتوای کلروفیل در پوست میوه کنار با رنگ میوه ارتباط مستقیم دارد. رسیدن در کنار با تغییرات رنگ پوست از سبز به زرد مشخص می‌شود. در این آزمایش میزان کلروفیل در میوه‌ها در طی زمان کاهش یافت ولی میوه‌های تیمار شده با پوشش آلژینات غنی شده با

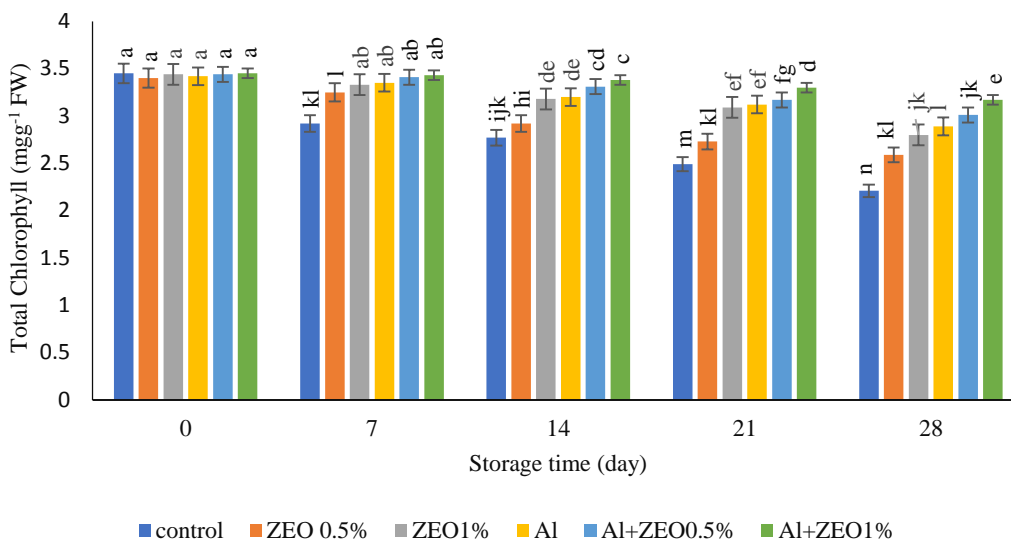
اسانس آویشن شیرازی در انتهای دوره نگهداری محتوای کلروفیل بالاتری در مقایسه با میوه‌های بدون پوشش نشان دادند. همسو با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، کاربرد پوشش‌های خوراکی غنی شده با اسانس در میوه گواوا، گوجه فرنگی و فلفل شیرین محتوای کلروفیل بالاتری را نشان دادند (Gurjar *et al.*, 2018; Ali *et al.*, 2018; Xing *et al.*, 2011).

اثرات بازدارنده آلزینات احتمالاً به خاطر ویژگی‌های نگهدارنده آن به‌عنوان یک پوشش خوراکی می‌باشد که اتمسفر داخلی میوه را تغییر می‌دهد (کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن) و باعث کاهش فرآیند اکسیداسیون می‌گردد (Gurjar *et al.*, 2018) کاهش محتوای کلروفیل به‌خاطر فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل مانند کلروفیلاز، کلروفیل اکسیداز و پراکسیداز در طول رسیدن اتفاق می‌افتد. کاهش در سرعت تجزیه کلروفیل در فرآیند رسیدن به دلیل کاهش در فعالیت این آنزیم‌ها می‌باشد (Valiathan & Athmaselvi, 2018). به نظر می‌رسد پوشش‌های خوراکی و اسانس از طریق کاهش فعالیت این آنزیم‌ها سرعت تجزیه کلروفیل را کاهش می‌دهند.



شکل ۹- اثر پوشش آلزینات و اسانس آویشن شیرازی بر میزان محتوای کاروتنوئید میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure.9. The effect of Al coating and ZEO on the Carotenoid of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.



شکل ۱۰- اثر پوشش آلژینات و اساس آویشن شیرازی بر میزان کلروفیل کل میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سانتی گراد به مدت ۲۸ روز انبارمانی به علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

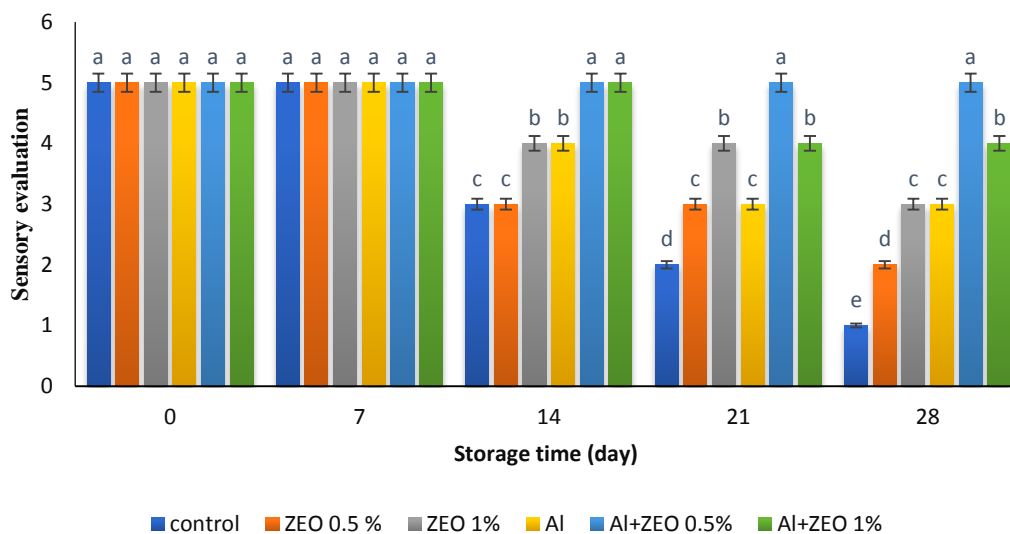
Figure.10. The effect of Al coating and ZEO on the Total Chlorophyll of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

ارزیابی حسی کیفیت میوه

پس از ۲۸ روز انبارمانی، بهترین ارزیابی حسی کیفیت میوه در میوه های تیمار شده با آلژینات + اساس آویشن ۰/۵٪ مشاهده شد که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی داری نشان دادند. با توجه به نمره دهی ارزیاب ها در طول مدت انبارمانی، شاخص کیفیت میوه در تیمار شاهد کاهش یافت و در روزهای ۲۱ و ۲۸ بازارپسندی خود را از دست دادند اما میوه های تیمار شده با پوشش آلژینات + اساس آویشن ۰/۵٪ توانستند کیفیت ظاهری مطلوب خود را تا آخرین روز انبارمانی حفظ کنند. سایر میوه های تیمار شده نیز ارزیابی حسی مطلوب تری نسبت به میوه های شاهد داشتند (شکل ۱۱).

پذیرش میوه های تیمار شده با پوشش های خوراکی توسط مصرف کنندگان یک مسئله مهم می باشد زیرا این پوشش ها می توانند باعث تغییر خواص حسی میوه شوند. از اینرو ارزیابی حسی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا تیمارها و زمان انبارمانی می توانند کیفیت خوراکی میوه را تغییر دهند (Rojas-Grau *et al.*, 2009). مطابق با نتایج این پژوهش پارامترهای حسی مربوط به پسته پوشش داده شده با صمغ عربی نیز حاکی از آن است که این پوشش در افزایش نمره دهی پارامترهای کیفی مثل ظاهر، درخشش مغز، کاهش عطر و طعم نامطلوب مؤثر بود (Hashemi *et al.*, 2021b). همچنین کاربرد صمغ روی بذر کاج در پارامترهای ارزیابی حسی مثل رنگ محصول، عطر و طعم نقش مثبت داشت. این پوشش با سد کردن نفوذ اکسیژن به بافت از واکنش های ناخواسته اکسیداسیون و تغییر رنگ محصول جلوگیری می کند

(Haq et al., 2013). افزودن اسانس گیاهی به پوشش‌ها به‌جای افزودن مستقیم این مواد به محصول باعث رهاسازی کنترل شده این مواد شده و به این ترتیب عملکرد آن‌ها را بهبود می‌بخشد. در پژوهشی دیگر زمانی که از ترکیب آنتی‌اکسیدان ژلاتین به‌عنوان پوشش خوراکی پسته استفاده شد امتیاز حسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از زمانی بود که از این ترکیبات آنتی‌اکسیدانی به تنهایی روی محصول استفاده شدند (Khoshnoodnia et al., 2013).



شکل ۱۱- اثر پوشش آلژینات و اسانس آویشن شیرازی بر ارزیابی حسی میوه کنار هندی که در دمای 6 ± 1 درجه سلسیوس به مدت ۲۸ روز انبارمانی به‌علاوه یک روز ماندگاری در دمای محیط. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure.9. The effect of Al coating and ZEO on the Sensory evaluation of Ber fruit stored at $6 \pm 1^\circ\text{C}$ for 28 days plus one day shelf life at ambient temperature. (ZEO: *Zataria multiflora* essential oil; Al: alginate). The columns with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test.

نتیجه‌گیری

مطالعات نسبتاً کمی در مورد بررسی عمر انبارمانی میوه کنار انجام شده است و این مطالعه ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه کنار را در طول نگهداری در دمای ۶ درجه سلسیوس در انبار بررسی کرده است. نتایج تیمارهای اعمال شده نشان داد که اعمال پوشش خوراکی به‌همراه اسانس، کیفیت ظاهری میوه را در مقایسه با میوه‌های شاهد تیمار نشده تا روز ۲۸ام حفظ نمودند، در حالی که میوه‌های شاهد کیفیت خود را تا روز ۱۴ام نسبتاً حفظ کردند. علاوه بر این، پوشش خوراکی آلژینات غنی شده با اسانس آویشن شیرازی در مقایسه با استفاده از هر یک از پوشش‌های خوراکی و اسانس به تنهایی در حفظ کیفیت میوه در طول ذخیره‌سازی مؤثرتر بود. به طور کلی، استفاده از آلژینات و اسانس آویشن شیرازی در حفظ خصوصیات کیفی و پارامترهای بیوشیمیایی در طول ۲۸ روز انبارمانی مؤثر بوده است. این تیمار ترکیبی درصد کاهش وزن، سرعت تنفس، درصد پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه را کاهش داد. در واقع اسانس آویشن و آلژینات با

ایجاد پوشش نیمه نفوذپذیر روی سطح میوه منجر به محدود شدن متابولیسم تنفس میوه و رشد قارچ شده، بنابراین موجب به تأخیر انداختن روند رسیدن، افزایش مواد جامد محلول و کاهش ترکیبات غذایی، اسید آسکوربیک و اسیدیته کل می‌گردد. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش و در راستای سیاست‌ها و اهداف توسعه بخش کشاورزی مبنی بر کاهش ضایعات پس از برداشت محصول، افزایش بهره‌وری و اتخاذ روش‌های علمی و عملی نگهداری میوه به منظور حفظ و توسعه بازارهای داخل و خارج کشور و نیز استفاده از مواد و روش‌های طبیعی به جای روش‌های شیمیایی، استفاده از اسانس آویشن شیرازی ۰/۵ درصد در ترکیب با پوشش آلژینات به دلیل اثرات مفید بر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی شیمیایی میوه کنار در طی دوره نگهداری توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت‌های مالی پارک علم و فناوری هرمزگان و دانشگاه هرمزگان مراتب قدردانی و سپاس خود را اعلام می‌دارند.

منابع

- Abad Ullah, N. A., Abbasi, M. and Qureshi A. A. (2017). Influence of edible coatings on biochemical fruit quality and storage life of bell pepper cv. (Yolo Wonder). *Journal of Food Quality*, 10(2):1-11. <https://doi.org/10.1155/2017/2142409>.
- Ahmadzadeh ghavidel, R., Gheiafe davoodi, M., Tanoori, T., & Sheikholeslami, Z. (2011). Investigating the effect of four edible coatings of soy protein isolate, whey protein concentrate, carrageenan and alginate in increasing shelf life of pear slices (*Pyrus communis*). 4(3): 47-54.
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1), 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005>.
- Ameh, B.A., Gernah, D.I., Obioha, O., & Ekuli, G.K.; (2015), Production, Quality Evaluation and Sensory Acceptability of Mixed Fruit Juice from Pawpaw and Lime. *Food and Nutrition Sciences*, 06(05):532 - 537. <https://doi.org/10.4236/fns.2015.65055>
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P., & Adzahan, N.M. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004>.
- Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M., & Chiralt, A. (2012). Effect of essential oils and omogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 26: 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.015>.
- Choi, W. S., Singh, S., & Lee, Y. S. (2016). Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 70(November), 213–222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.036>.
- Dashipour, A., Razavilar, V., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S., German, J.B., & Ghanati, K. (2015). Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing *Zataria multiflora* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules* 72, 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.006>.

- Ehteshami, S., Dastjerdi, A.M., Ramezani, A., Etemadipoor, R., Abdollahi, F., & Salari M. (2021). Effects of edible alginate coating enriched with organic acids on quality of mango fruit during storage. *Journal of Food Measurement and Characterization* 16, 400-409. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01166-4>.
- Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badie, F., Mohammad Hosseini, Z., Ahmadi, S. K., & Ghanati, K. (2014). Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 8(2): 9-19.
- Etemadipoor, R., Dastjerdi, A.M., Ramezani, A., & Ehteshami S. (2020). Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. *Scientia Horticulturae* 266, 109255. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109255>.
- Etemadipoor, R., Ramezani, A., Dastjerdi, A.M., & Shamili, M. (2019). The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 251, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.021>.
- Fan, F., Tao, N., Jia, L., & He, X. (2014). Use of citral incorporated in postharvest wax of citrus fruit as a botanical fungicide against *Penicillium digitatum*. *Postharvest Biology and Technology*, 90: 52-55. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.005>.
- Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., & Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria × ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53(1): 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.005>.
- Garcia, L.C., Pereira, L.M., Sarantopoulos, L., Claire, I.G., & Hubinger, M.D. (2012). Effect of Antimicrobial Starch Edible Coating on Shelf-Life of Fresh Strawberries. *Packaging Technology and Science*, 25(7): 413-425. <https://doi.org/10.1002/pts.987>.
- Ghasemi, M., Ramin, A.A., & Amini, F. (2016). The Effect of coating containing chitosan on quality and Increase post-harvest life cucumber cv zomorod. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*, 5(15). <http://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.15.189>.
- Gol, N.B., Patel, P.R., & Rao, T.R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85: 185-195. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.008>
- Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019>.
- Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015a). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019>.
- Gurjar, P. S., Killadi, B., Lenka, J., & Shukla, D. K. (2018). Effect of Gum Arabic Coatings on Physico-Chemical and Sensory Qualities of Guava (*Psidium guajava* L) cv.

- Shweta. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 3769-3775. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.424>.
- Haq, MA., Alam, M.J., & Hasnain, A. (2013). Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza (*Pinus gerardiana*). *LWT-Food Science and Technology*, 50(1): 306-311.
- Hashemi, M., Dastjerdi, A.M., Mirdehghan, S.H., Shakerardekani, A., & Golding, J.B. (2021a). 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 Packaging and Shelf Life* 30, 0110. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100724>
- Hashemi, M., Dastjerdi, A.M., Shakerardekani, A., & Mirdehghan, S.H. (2021b). Effect of alginate coating enriched with Shirazi thyme essential oil on quality of the fresh pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Food Science and Technology-Mysore* 58, 34-43. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04510-6>.
- Hashemi, M., Shakerardekani, A., Dastjerdi, A.M., & Mirdehghan, S.H. (2021c). Effect of Sodium Alginate in Combination with *Zataria multiflora* Boiss. On Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Browning Enzymes of Fresh In-Hull Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Food Quality* 3193573. <https://doi.org/10.1155/2021/3193573>.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2): 428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>.
- Jiang, T., Feng, L., & Zheng, X. (2011). Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(1): 188-196. doi: 10.1021/jf202638u.
- Joshi, A. V., Baraiya, N. S., Vyas, P. B., & Rao, T. R. (2017). Gum Ghatti Based Edible Coating Emulsion with an Additive of Clove Oil Improves the Storage Life and Maintains the Quality of Papaya (*Carica papaya* L., cv. Madhu bindu). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(5), 160-174. <https://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.019>.
- Khoshnoudinia, S., Sedaghat, N., & Radmard-Ghadiri, GH.H. (2013). Effect of gelatin edible coating containing antioxidant agents on hardness, and color of roasted pistachio nuts. *JRIFST*. 2(4):295-310.
- Krishna, H., Kumar, L., Haldhar, S.M., Singh, D., & Saro, P.L. (2018). Phenological growth stages of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 174, 106–112. <https://doi.org/10.1111/aab.12466>.
- Lichtenthaler, H.K., & Buschmann, C. (2001). Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 3, 821-828. <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>.
- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., & Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *Food Science and Technology*, doi/10.1111/j.1365-2621.2006.01444.x.

- Martinez, D., Guillen, S., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Journal Food Science*, 68: 1838-1843. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12339.x>.
- Meng, X., Li, B., Liu, J. & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 101: 501-508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012>.
- Mi Moon, K., Kwon, E., Lee, B., & Young Kim, C.H. (2020). Recent Trends in Controlling the Enzymatic Browning of Fruit and Vegetable Products. *Molecules* 25(12), 2754. <https://doi.org/10.3390/molecules25122754>.
- Moraes, K.S.D., Fagundes, C., Melo, M.C., Andreani, P., & Monteiro, A.R. (2012). Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Food Science and Technology*, 32(4): 679-684. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000106>.
- Murmu, S.B., & Mishra, H.N. (2018). Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. *Food Chemistry* 253, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.134>.
- 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*, 240: 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122>.
- Pareek, S., & Yahia, E.M. (2013). Postharvest Biology and Technology of Ber Fruit. *Horticulture Reviews* 41(1), 201-240. <https://doi.org/10.1002/9781118707418.ch05>.
- Pooraziz, S., Nazuri, F., Mirdehghan, S.H., & Esmaelizadeh, M. (2019). The effect of sodium alginate coating on the shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa*) variety Gaviota. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 50(3): 515-526.
- Qiuping, Z., & Wenshui X. (2007). Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. *LWT- Food Science and Technology* 40(3), 404-411. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.01.003>.
- Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., & Martin-Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, 121(3): 313-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010>.
- Reche, J., Almansa, M.S., Hernández, F., Amorós, A., & Legua, P. (2021). Physicochemical and antioxidant capacity of jujube (*Ziziphus jujuba* mill.) at different maturation stages. *Agronomy*, 11(1), 132, <https://doi.org/10.3390/agronomy11010132>.
- Rojas-Grau, M.A, Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 20: 438–447.
- Rojas, Grau., A., Maria, S. T., & Olga, M. B. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT* 44: 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.01.009>.

- Rojas-Grau, M.A., Tapia, M.S., Rodriguez, F.J., Carmona, A.J., & Martin-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple. *Food Hydrocolloids*, 21: 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.001>.
- Saltveit, M.E. (2005). Postharvest biology and handling, in: Heuvelink, E. Ed., Tomatoes. *CAB International, Wallingford*, 305-324.
- Siripatrawan, U., & Harte, B. R. (2010). Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 770–775. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.003>.
- Sogvar, O.B., Saba, M.K., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019>.
- Tanada-Palmu, P., & Grosso, C. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.12.003>.
- Thumula, P. (2006). Studies on Storage Behaviour of Tomatoes Coated with Chitosan-Lysozyme Films. M.Sc. thesis. Department of Bioresource Engineering Faculty of Agricultural and Environmental Sciences. McGill University Montreal, Quebec, Canada, 128 pp.
- Valero, D., Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., & Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.10.011>.
- Valiathan, S., & Athmaselvi, K. A. (2018). Gum arabic based composite edible coating on green chillies. *International agrophysics*, 32(2), 193-202. <http://dx.doi.org/10.1515/intag-2017-0003>.
- Vishwasrao, Ch., & Laxmi, A. (2016). Postharvest shelf-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surface coatings. *Journal of food science and technology*. 53, 1966-1974. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2164-x>.
- Wang, K.T., Jin, P., Cao, S.F., Shang, H.T., Yang, Z.F., & Zheng, Y.H. (2009). Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in Chinese bayberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 5809–5815. <https://doi.org/10.1021/jf900914a>.
- Wang, S.Y., & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Science and Technology*, 52(2): 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.003>.
- Wittaya, T. (2012). Protein-based edible films: Characteristics and improvement of properties. In *Structure and Function of Food Engineering*. InTech.
- Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 124(4), 1443-1450. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.105>.

Zheng, H., Liu, W., Liu, S., Liu, C., & Zheng, L. (2019). Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. *Food Chemistry* 299, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125116>.

مجله علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی
فصلنامه علمی پژوهشی

نسخه خطی انتشار