



Effect of *Commiphora myrrha* and Pomegranate Peel Extract on the Postharvest Quality of Lime Fruits during Storage

Sakineh Molaei Mohammad Abadi¹ , Mahbobeh Mohammadi² , Somayeh Rastegar³ 

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: sakinehmollaei.stu@hormozgan.ac.ir
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: mah.mohammadi.phd@hormozgan.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: s.rastegar@hormozgan.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Lime fruits undergo metabolic changes during storage, resulting in peel dehydration and loss of green color, which adversely affect their marketability. To preserve fruit quality and delay postharvest senescence, various edible coatings and natural bioactive compounds have been investigated. In this study, a factorial experiment based on a completely randomized design was conducted to evaluate the effects of postharvest immersion in 0.1% and 0.2% <i>commiphora myrrha</i> and 1% pomegranate peel extract, applied individually or in combination, on the quality of mature green lime fruits during 24 days of storage at 25 ± 2 °C. The results showed that treatment with 0.1% <i>commiphora myrrha</i> significantly reduced fruit weight loss compared with the control. This treatment also maintained the highest titratable acidity (TA) (12.17%), whereas the control fruits exhibited the lowest TA (10.88%). The lowest total soluble solids (TSS) content was recorded in fruits treated with 1% pomegranate peel extract, while the highest TSS was observed in the control. Moreover, fruits treated with <i>commiphora myrrha</i> and pomegranate peel extract retained higher ascorbic acid content and exhibited greater antioxidant capacity than the untreated control. Overall, both <i>commiphora myrrha</i> and pomegranate peel extract effectively maintained the physicochemical quality of lime fruits throughout storage, as confirmed by the superior visual appearance of the treated fruits. These findings indicate that the application of <i>commiphora myrrha</i> and pomegranate peel extract is a promising postharvest strategy for preserving the quality and extending the marketability of lime fruits during storage.
Article history: Received: 1 October 2024 Received in revised form: 14 February 2025 Accepted: 6 April 2025 Published online: Winter 2025	
Keywords: <i>Commiphora Myrrha</i> , Edible Coatings, Pomegranate Peel Extract, Lime Fruit.	

Cite this article: Molaei-Mohammad-Abadi, S., Mohammadi, M. & Rastegar, S. (2025). Effect of *Commiphora myrrha* and Pomegranate Peel Extract on the Postharvest Quality of Lime Fruits during Storage. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 56 (4), 623-640. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382660.2211>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382660.2211>

Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Postharvest losses of citrus fruits, particularly lime, remain a major challenge in tropical and subtropical regions because fruit quality rapidly deteriorates during handling, storage, and transportation. Among the various postharvest technologies, edible coatings have attracted considerable attention as an effective and environmentally friendly approach to extending fruit shelf life. By forming a thin protective barrier on the fruit surface, these coatings reduce moisture loss, limit oxygen diffusion, and inhibit microbial growth, thereby preserving the physicochemical, nutritional, and sensory quality of fresh produce.

Incorporating natural plant extracts into edible coatings further enhances their functionality by providing antioxidant and antimicrobial activities. Myrrh gum resin (*Commiphora myrrha*), a natural exudate with a long history of medicinal use, possesses strong antimicrobial and antioxidant properties that contribute to delaying postharvest deterioration. Likewise, pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, an abundant agricultural byproduct, is a rich source of polyphenols, flavonoids, and other bioactive compounds with remarkable free radical scavenging and antimicrobial activities. The utilization of these natural materials in edible coating formulations is consistent with the increasing consumer preference for safe, biodegradable, and sustainable alternatives to synthetic chemical preservatives.

Therefore, the development of plant-based edible coatings enriched with myrrh gum resin and pomegranate peel extract represents a promising strategy for reducing postharvest losses, maintaining fruit quality, and promoting environmentally sustainable practices in the fresh produce industry.

Material and methods

Mature green lime fruits (*Citrus aurantifolia*) were harvested from a commercial orchard in the Rudkhan region of Rudan County, Hormozgan Province, Iran (27°59' N, 57°29' E). Fruits of uniform size and free from visible defects or mechanical damage were selected for the experiment. After harvest, the fruits were washed thoroughly and disinfected by immersion in a 0.05% sodium hypochlorite solution for 1 min.

Myrrh (*Commiphora myrrha*) gum resin solutions were prepared at concentrations of 0.1% and 0.2% (w/v) by dissolving the gum resin in distilled water with continuous stirring at room temperature for 30 min. A 1% (w/v) pomegranate peel extract solution was prepared using the same procedure. The fruits were immersed in the respective coating solutions for 10 min, allowed to air-dry at room temperature, and then packed in disposable plastic containers. All samples were stored at 25 ± 2 °C for 24 days.

At the end of the storage period, fruit quality was evaluated by measuring several physicochemical and biochemical attributes. Ascorbic acid content was determined using the indophenol titration method, total phenolic content was measured using the Folin–Ciocalteu assay, and antioxidant activity was assessed by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay. Fruit appearance was also evaluated based on peel color, freshness, and surface gloss.

The experiment was arranged as a factorial experiment in a completely randomized design (CRD), and the data were analyzed using SAS software (version 9.4).

Results and discussion

Fruit weight loss increased progressively throughout the storage period in all treatments; however, coated fruits consistently exhibited lower weight loss than the untreated control. At the end of storage, the highest weight loss was observed in the control fruits (28.5%), whereas the lowest value (21.5%) was recorded in fruits treated with 0.1% myrrh (*Commiphora myrrha*) gum resin, indicating its effectiveness in reducing moisture loss. The reduced transpiration and respiration rates resulting from the protective barrier formed by the edible coatings likely contributed to this improvement.

Total soluble solids (TSS) increased gradually during storage, reflecting the normal ripening process and the conversion of reserve carbohydrates into soluble sugars. The increase was significantly greater in the control fruits, while the lowest TSS value (6.83%) was observed in fruits treated with 1% pomegranate peel extract. In contrast, coated fruits maintained significantly higher titratable acidity (TA) than the control, with the 0.1% myrrh gum resin treatment showing the highest TA (12.17%) at the end of storage. These findings suggest that the coatings effectively slowed metabolic activity and delayed fruit senescence.

Ascorbic acid content declined in all treatments during storage; nevertheless, coated fruits retained significantly higher levels than the control. Fruits treated with pomegranate peel extract exhibited the highest ascorbic acid content (62 mg/100 mL), whereas the control fruits showed the lowest value (20.66 mg/100 mL). Similarly, the combination of 0.1% myrrh gum resin and pomegranate peel extract resulted in the highest total phenolic content (4.01 mg g⁻¹), demonstrating the ability of these natural coatings to preserve antioxidant compounds during storage. The higher antioxidant activity observed in the treated fruits may be attributed to the abundance of phenolic compounds in pomegranate peel extract together with the bioactive constituents of myrrh gum resin, which reduce oxidative damage by scavenging reactive oxygen species.

Visual quality was also markedly improved by the coating treatments. Fruits coated with myrrh gum resin, either alone or in combination with pomegranate peel extract, maintained a greener peel, greater surface gloss, and a fresher appearance than the untreated fruits. In contrast, the control fruits exhibited severe dehydration, peel shriveling, and pronounced yellowing, resulting in poor marketability.

Overall, the application of myrrh (*Commiphora myrrha*) gum resin and pomegranate peel extract effectively preserved the physicochemical, biochemical, and visual quality of lime fruits during ambient storage. These natural coatings reduced weight loss, delayed ripening, maintained organic acids and antioxidant compounds, and significantly enhanced fruit appearance. The results demonstrate that myrrh gum resin and pomegranate peel extract are promising, environmentally friendly postharvest treatments for extending shelf life and reducing postharvest losses of lime fruits.

Conclusion

The application of edible coatings based on *Commiphora myrrha* gum resin and pomegranate peel extract effectively preserved the postharvest quality of lime fruits under ambient storage conditions. These treatments significantly reduced weight loss, maintained higher titratable acidity (TA), moderated the increase in total soluble solids (TSS), and improved the overall marketability of the fruits. In addition, coated fruits retained higher ascorbic acid content, total phenolic content, and antioxidant activity than the untreated control, indicating a greater capacity to delay oxidative deterioration during storage. The coatings also preserved the visual quality of the fruits by maintaining peel greenness, surface gloss, and overall freshness, whereas the control fruits exhibited severe dehydration and yellowing.

Overall, the results demonstrate that *Commiphora myrrha* gum resin and pomegranate peel extract are effective natural coating materials for maintaining the physicochemical, biochemical, and visual quality of lime fruits. Their application represents an environmentally friendly and sustainable postharvest strategy for extending shelf life, enhancing marketability, and reducing postharvest losses.

Data Availability Statement

The authors declare that all the data supporting the findings of this research are available within the article.

Ethical considerations

This article does not contain any studies involving human and animal subjects.

Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

بررسی اثر صمغ مرّمکی و عصاره پوست انار بر کیفیت میوه‌های لیموترش در دوره انبارمانی

سکینه ملائی محمدآبادی^۱ | محبوبه محمدی^۲ | سمیه رستگار^۳ ✉

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران. رایانامه: sakinehmollaei.stu@hormozgan.ac.ir
۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان ایران. رایانامه: mah.mohammadi.phd@hormozgan.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان ایران. رایانامه: s.rastegar@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در اثر تغییرات متابولیک طی دوره نگهداری، پوست میوه‌های لیموترش، خشک شده و رنگ سبز آنها تغییر می‌یابد که موجب کاهش بازارپسندی محصول است. با هدف حفظ کیفیت میوه و به تأخیر انداختن پیری طی دوره انبارمانی، ترکیبات مختلفی از جمله پوشش‌های خوراکی پیشنهاد شده است. در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، اثر غوطه‌ورسازی در ۰/۱ و ۰/۲ درصد صمغ مرّمکی و یک درصد عصاره پوست انار پس از برداشت به تنهایی یا به صورت ترکیبی، بر کیفیت لیموهای ترش سبز بالغ طی روزهای صفر، ۱۲ و ۲۴ انبارمانی در دمای 25 ± 2 ارزیابی شد. نتایج نشان داد تیمار صمغ مرّمکی ۰/۱ درصد از افت وزن میوه نسبت به شاهد جلوگیری کرده بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون (۱۷/۱۲ درصد) را نیز دارا بوده است؛ در صورتی که اسید قابل تیتراسیون گروه شاهد ۱۰/۸۸ درصد بود. کمترین میزان کل مواد جامد محلول نیز در تیمار عصاره پوست انار یک درصد و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد؛ همچنین تیمارهای مرّمکی در ترکیب با عصاره پوست انار باعث حفظ بهتر اسیدآسکوربیک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به گروه شاهد شدند. تیمارهای مرّمکی در ترکیب با عصاره پوست انار کیفیت میوه لیموترش را در طول دوره انبارمانی حفظ کرده که در ارزیابی وضعیت ظاهری میوه نیز قابل مشاهده بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷ تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴	
کلیدواژه‌ها: صمغ مرّمکی، پوشش خوراکی، عصاره پوست انار، لیموترش.	

استناد: ملائی محمدآبادی، سکینه؛ محمدی، محبوبه و رستگار، سمیه (۱۴۰۴). بررسی اثر صمغ مرّمکی و عصاره پوست انار بر کیفیت میوه‌های لیموترش در دوره انبارمانی. نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۶ (۴)، ۶۴۰-۶۲۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382660.2211>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2025.382660.2211>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

لیموترش از محبوب ترین مرکبات است و عصاره آن به عنوان نوشیدنی و چاشنی غذاها در سراسر جهان استفاده می شود. علاوه بر کیفیت طعم آن، لیموترش سرشار از ترکیبات ارزشمندی چون اسیدسیتریک، انواع فلاونوئیدها، فنل ها، پکتین و اسیدآسکوربیک نیز می باشد (Altemimi et al., 2021). تولید لیموترش که حدود پنج درصد از تولید جهانی مرکبات را به خود اختصاص می دهد (Donkersley et al., 2018)، در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان از جمله برزیل، آرژانتین، مکزیک، هند، پاکستان و خاورمیانه به وفور جریان دارد. براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهانی، در حال حاضر حدود ۹/۳ میلیون هکتار از زمین های کشاورزی جهان به کشت مرکبات اختصاص یافته که معادل تولید سالانه ۱۳۲ میلیون تن مرکبات برآورد می شود. ایران با تولید سالانه ۶۸۷ هزار تن مرکبات، رتبه نهم جهانی را به خود اختصاص داده و یکی از تولیدکنندگان مهم لیموترش در خاورمیانه به شمار می رود. تولید سالانه لیموترش در جهان حدود ۲۱ میلیون تن است (FAOSTAT, 2019) و در ایران، عمدتاً، در استان های هرمزگان و فارس صورت می گیرد.

تلفات پس از برداشت مرکبات در مناطق گرم، به دلیل افت کیفیت سریع آنها حین جابجایی، انبارمانی و حمل و نقل، چالش مهمی به شمار می رود (Strano et al., 2022). لیموهای تازه که معمولاً در مرحله سبز بالغ برداشت می شوند، می توانند برای چند روز شادابی ظاهری و کیفیت خود را حفظ کنند؛ با این حال، به دلیل میزان بالای آب، ماندگاری طولانی مدت ندارند (Altemimi et al., 2021). طی فرآیند نگهداری، تغییرات متابولیک در این میوه ها رخ می دهد که منجر به پدیدار شدن لکه های پوستی و از دست رفتن رنگ سبز طبیعی می شود. این تغییرات، کیفیت ظاهری، طعم و عطر لیمو را کاهش داده و در نتیجه، بازارپسندی آن را تحت تأثیر قرار می دهد (Tavallali, 2019). استفاده از پوشش طی دوره نگهداری، از راهکارهایی است که از انتقال گازها و تبخیر آب جلوگیری کرده و امکان حفظ تازگی، رنگ و عطر میوه را برای مدت طولانی تری فراهم می کند (Tripathi et al., 2021). پوشش های خوراکی، لایه های نازکی از مواد طبیعی هستند که روی سطح مواد غذایی کشیده شده و مانند سپر محافظتی عمل می کنند. یکی از مزایای اصلی پوشش های خوراکی، منشاء طبیعی آنهاست که موجب تمیز آنها از مواد شیمیایی سنتزی می شود (Panahirad et al., 2021)؛ پوشش های خوراکی ساخته شده از صمغ های طبیعی، راهکاری نوین و امیدبخش برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه ها و سبزیجات محسوب می شوند (Salehi, 2020). مرَمَکی یا مرَمَکی، صمغی طبیعی و ارزشمند با طیف گسترده می باشد که از درختان کوچک خاردار متعلق به خانواده بورسراسه^۸ استخراج می شود و از دیرباز در طب سنتی برای درمان بیماری ها و در صنایع عطر و آرایشی، به عنوان اسانس بخور به کار می رفته است.

پوست میوه انار^۱ که معمولاً به عنوان پسماند در نظر گرفته می شود، سرشار از ترکیبات زیست فعال، به ویژه پلی فنل ها، تانن ها، اسیدهای فنولیکو فلاونوئیدها می باشد که قادر به پاکسازی رادیکال های آزاد^{۱۲} است. این محصول فرعی کشاورزی

1 Citrus aurantifolia L.

2 Citric acid

3 Flavonoid

4 Phenolic compounds

5 Pectin

6 Ascorbic acid

7 Commiphora myrrha L.

8 Burseraceae

9 Punica granatum L.

10 Polyphenols

11 Tannins

12 Free radicals

با سهم چهل تا پنجاه درصد از وزن کل میوه، دارای خواص آنتی اکسیدان^۱ و ضد میکروب^۲ است (Maphetu et al., 2022). این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر پوشش‌های ترکیبی حاوی صمغ مرمکی و عصاره پوست انار بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری لیموترش در دمای محیط انجام شده است.

پیشینه پژوهش

در پژوهشی که اثر استفاده از پوشش‌های خوراکی مثل صمغ ایرانی و روغن هسته انار را بر افزایش عمر نگهداری و کیفیت میوه لیموترش مورد بررسی قرار داده، مشخص شد که پوشش‌های استفاده شده، در کنترل کاهش وزن، حفظ محتوای فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه‌ها مؤثر بودند و میوه‌های پوشش داده شده با صمغ یک درصد، بهترین ماندگاری و کیفیت بازاریابی را داشتند (Mohammadi et al., 2023). بررسی‌ها نشان دادند که پوشش‌های صمغ زانتان^۳ و اسانس بادرنجبویه^۴ کیفیت تغذیه‌ای نارنگی‌های «کینو» را طی دوره نگهداری ۷۵ روزه به‌طور قابل توجهی حفظ کردند. این پوشش‌ها باعث حفظ اسیدیته، میزان قند محلول، اسدآسکوربیک، فلاونوئیدها و آب میوه شده و از کاهش وزن آن جلوگیری کردند (Bhan et al., 2022). در پژوهشی دیگر، پوشش میوه‌های گوجه‌فرنگی با ترکیب صمغ عربی^۵ و کربوکسی متیل سلولز^۶ به مدت بیست روز در دمای بیست درجه سانتی‌گراد، به‌طور مؤثری از کاهش وزن میوه جلوگیری کرده، میزان آنتی اکسیدان‌ها را حفظ نموده و فرآیند پیری را به تأخیر انداختند (Shakir et al., 2022). در تیمار میوه انبه نیز پوشش‌های خوراکی بر پایه صمغ زانتان و عصاره پوست انار به‌طور مؤثری از کاهش وزن میوه جلوگیری کرده و باعث حفظ بهتر کل جامدات محلول و اسیدیته آن شدند (Kumar et al., 2023). در میوه گواوا، استفاده از عصاره گیاهی طبیعی مانند عصاره پوست انار همراه با کیتوزان^۷ و آلژینات^۸ کیفیت میوه را افزایش داد (Nair et al., 2018). مطالعه‌ای بر روی میوه توت‌فرنگی نیز نشان داد که عصاره پوست انار می‌تواند به‌عنوان جایگزینی طبیعی برای مواد شیمیایی مصنوعی در حفظ کیفیت و افزایش عمر نگهداری پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرد (Rongai et al., 2018). در مطالعه‌ای دیگر، اثر تیمار پس برداشت صمغ عربی بر میوه توت‌فرنگی با غلظت‌های ده و پانزده درصد در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ده روز مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که پانزده درصد صمغ عربی به‌طور معنی‌داری منجر به حفظ بالاتر ترکیبات فنلی کل و محتوای کل مواد جامد محلول^۹، مهار قابل توجه کاهش وزن، مهار کامل آلودگی‌های قارچی، افزایش استحکام بافت و ارتقاء فعالیت آنتی اکسیدانی در مقایسه با شاهد می‌شود (Tahir et al., 2018). غنی‌سازی پوشش‌های خوراکی با عصاره‌های گیاهی طبیعی به‌عنوان جایگزینی ایمن در صنایع غذایی به‌ویژه برای میوه‌ها، روز به روز محبوبیت بیشتری می‌یابد؛ با بهره‌گیری از پوشش‌های گیاهی و عصاره‌های طبیعی، می‌توان ماندگاری میوه‌ها و سبزیجات را افزایش داده و کیفیت آن‌ها را طی مدت نگهداری حفظ کرد. درخصوص میوه لیموترش، تحقیقات محدودی انجام گرفته است درحالی‌که در صورت افزایش عمر انبارمانی این میوه، می‌توان بر ارزش اقتصادی آن نیز افزود. به‌علاوه، پژوهشی که تأثیر هم‌زمان صمغ مرمکی و عصاره پوست انار را بر میوه‌ها از جمله لیموترش بررسی کرده باشد، تاکنون صورت نگرفته است که از این رو، آورده علمی نوین مقاله حاضر تلقی می‌شود.

1 Antioxidant properties

2 Antimicrobial properties

3 Xanthan gum

4 Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) essential oil

5 Kinnow mandarin

6 Gum arabic

7 Carboxymethyl cellulose (CMC)

8 Chitosan

9 Alginate

10 Total Phenolic Content (TPC)

11 Total Soluble Solids (TSS)

روش‌شناسی

در این پژوهش، از میوه‌های ژنوتیپ جدیدی از لیموترش شیرازی یا همان لیموی عمانی، لیموی آب یا لیموی شیشه؛ که بی‌خار است و در اصطلاح محلی استان هرمزگان به نام خارگل شناخته می‌شود، استفاده شد. میوه‌ها از یک باغ تجاری در منطقه رودخانه، شهرستان رودان، استان هرمزگان با مختصات جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۵۷ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی در مرحله سبز بالغ با رعایت دقیق اصول فنی برداشت و به آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. در ادامه، میوه‌هایی با اندازه یکسان، کاملاً سالم و عاری از هرگونه آسیب فیزیکی برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شدند. پس از برداشت، میوه‌ها به‌طور کامل شسته شده و به مدت یک دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۰۵ درصد تصدیفونی شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و نه عدد میوه برای هر تکرار انجام شد. میوه‌های تیمار شده در دمای محیط (25 ± 2 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. نمونه‌ها در روزهای صفر، دوازدهم و بیست‌وچهارم انبارمانی از نظر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۱). فاکتورهای آزمایش شامل درصد کاهش وزن، محتوای کل مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، اسیدآسکوربیک، محتوای فنل کل، محتوای فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بازارپسندی میوه بود.



شکل ۱. انبارمانی میوه‌های ژنوتیپ از لیموترش (لیموی بی‌خار معروف به خارگل) در ظروف یک‌بار مصرف و دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد

آماده‌سازی پوشش‌ها

در این مطالعه، پوشش‌دهی لیموها با استفاده از صمغ مرمکی و عصاره الکلی پوست انار تهیه‌شده از شرکت گیاه‌کالا انجام شد. صمغ مرمکی در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ درصد به‌آرامی در آب حل شد و به مدت سی دقیقه در دمای اتاق هم زده شد. عصاره یک درصد پوست انار نیز به همین روش آماده‌سازی شد. میوه‌های لیموترش به مدت ده دقیقه در این محلول‌ها غوطه‌ور شدند و پس از خشک شدن کامل پوشش سطحی، به ظروف پلاستیکی یک‌بار مصرف منتقل شده و در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مرحله نمونه‌برداری، ویژگی‌های موردنظر به شرح زیر ارزیابی شدند.

درصد کاهش وزن

وزن میوه‌ها در زمان برداشت (روز صفر) و در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری طی انبارمانی، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شده سپس با استفاده از فرمول زیر، درصد کاهش وزن محاسبه گردید (Dong and Wang, 2018):

$$WL (\%) = (w_1 - w_2) * 100 / w_1 \quad (1)$$

WL درصد کاهش وزن، w_1 و w_2 به ترتیب وزن اولیه و ثانویه برحسب گرم)

1 Thornless Key Lime

20.05% sodium hypochlorite solution

3 Titratable Acidity (TA)

محتوای کل مواد جامد محلول

میزان TSS عصاره پس از آب گیری میوه ها با قرار دادن چند قطره از عصاره بر روی صفحه دستگاه رفاکتومتر دیجیتال DBR95 ساخت تایوان، برحسب درجه بریکس اندازه گیری شد.

اسیدیتة قابل تیتراسیون

اسیدیتة قابل تیتراسیون با تیتراسیون دستی آب لیموترش با محلول NaOH ۰/۱ نرمال انجام شد. نقطه پایانی تیتراسیون با استفاده از pH متر مدل HANA, Romani، در pH ۸/۲ و با استفاده از فنل فتالین^۱ به عنوان شاخص تعیین گردید. نتیجه نهایی به صورت درصد معادل اسیدسیتریک بیان شد.

اسید آسکوربیک

سطح اسید آسکوربیک از طریق روش ایندوفنل^۲ (سدیم-۲،۶-دی کلروفنل-ایندوفنول) اندازه گیری شد. به طور خلاصه، صد میکرولیتر آب میوه لیموترش با ده میلی لیتر اسیدمتافسفریک^۳ یک درصد مخلوط و سانتیفریوژ شد. سپس، هزار میکرولیتر از مخلوط حاصل با نه میلی لیتر ایندوفنل ترکیب و سانتیفریوژ شد و جذب، با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر ثبت شد (O'grady et al., 2014).

محتوی فنل کل

اندازه گیری محتوای آب میوه توسط معرف فولین سیوکالتو^۴ به صورت زیر انجام گرفت: شصت میکرولیتر از آب میوه به همراه سیصد میکرولیتر از معرف فولین سیوکالتو (۱:۱۰) مخلوط و پس از پنج دقیقه، ۲۴۰ میکرولیتر سدیم کربنات^۵ هفت درصد به آن اضافه شده و پس از نود دقیقه شیکر در تاریکی و در دمای محیط توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل CECIL-2501 ساخت انگلستان، با طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد (Ordonez et al., 2006).

محتوی فلاونوئید کل

برای اندازه گیری فلاونوئید به شصت میکرولیتر از آب میوه، ۱۸۰ میکرولیتر متانول ۸۵ درصد، دوازده میکرولیتر آلومینیوم کلرید^۶ ده درصد، دوازده میکرولیتر پتاسیم آستات^۷ و ۳۳۶ میکرولیتر آب مقطر اضافه شد و پس از سی دقیقه شیکر در تاریکی و در دمای محیط قرار گرفت. سپس خوانش با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۱۵ نانومتر انجام گرفت (Chang et al., 2002).

ظرفیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی به روش مهار رادیکال آزاد ۲، ۲-دی فنیل ۱-۱-پیکریل هیدرازیل^۸ اندازه گیری شد. طبق این روش، سی میکرولیتر از عصاره متانولی ۸۵ درصد میوه و ۱۱۷۰ میکرولیتر DPPH (۱۵۰ ماکرومول) ترکیب و به مدت ۴۰ دقیقه در تاریکی شیکر شد، سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت شد (Bourtoom et al., 2008).

وضعیت ظاهری

ارزیابی بازارپسندی میوه ها با توجه به خصوصیات ظاهری میوه ها به روش نمره دهی انجام گرفت. معیارهای نمره دهی شامل عطر و بو، یکنواختی رنگ، پوسیدگی و شفافیت وضعیت ظاهری میوه بود و نمرات یک تا پنج با توضیح ۱- ضعیف، ۲- متوسط، ۳- خوب، ۴- خیلی خوب، ۵- عالی؛ به آن ها اختصاص داده شد (Mohammadi et al., 2024).

1Phenolphthalein

2Indophenol: 2,6-Dichlorophenolindophenol sodium salt (DCPIP)

3Metaphosphoric acid

4Folin Ciocalteu's reagent

5Sodium carbonate (Na₂CO₃)

6Aluminum chloride

7Potassium acetate

82,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay

تجزیه آماری

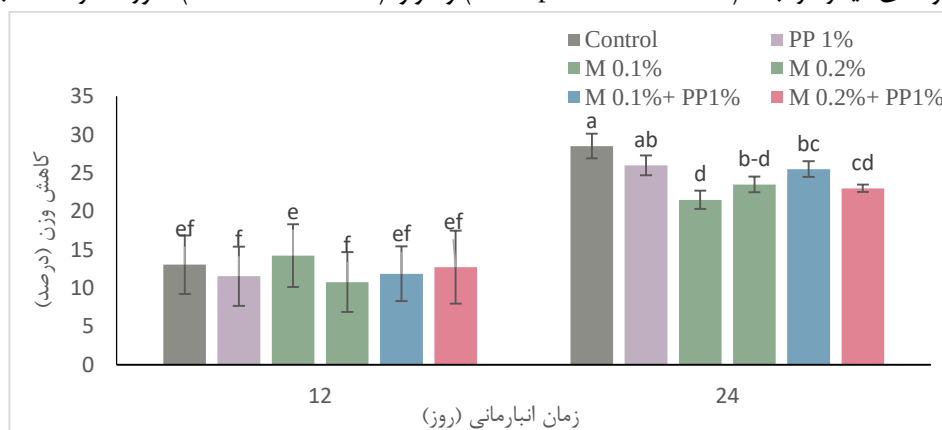
آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شدند.

یافته‌های پژوهشی و بحث

کاهش وزن میوه

نتایج نشان داد که با گذشت زمان، درصد کاهش وزن میوه افزایش می‌یابد. همه تیمارها در مقایسه با شاهد، اثر معنی‌دار در جلوگیری از کاهش وزن میوه نشان دادند (شکل ۲). در پایان آزمایش، بیشترین درصد کاهش وزن میوه در تیمار شاهد (۲۸/۵ درصد) و کمترین درصد کاهش وزن در تیمار صمغ مرنگی ۰/۱ درصد به میزان ۲۱/۵ مشاهده شد.

یکی از دلایل مهم کاهش کیفیت و از بین رفتن ارزش اقتصادی میوه‌های مرکبات در دوره پس از برداشت، روند پیری طبیعی میوه‌ها می‌باشد که به صورت کاهش وزن و ازدست دادن آب و تغییرات ظاهری نمایان می‌شود (Lufu, 2020). میوه‌ها به دلیل کم‌آبی یا فعل و انفعالات بیولوژیک، وزن خود را از دست می‌دهند. پوشش‌های خوراکی به عنوان لایه محافظتی عمل می‌کنند که روزنه‌ها را پوشانده و با کاهش تعرق، از کاهش وزن جلوگیری می‌کنند (Salehi, 2020). در این خصوص، پژوهش دیگری نشان داده است که پوشش دهی میوه عناب با صمغ زانتان، بروز بیماری‌های پس از برداشت را به تأخیر انداخته و از کاهش وزن میوه طی انبارداری جلوگیری نموده است (Naveed et al., 2024). در پژوهشی بر روی میوه گلابی، پوشش کامپوزیتی صمغ گوار و اسیدسالیسیلیک به طور مؤثری از کاهش وزن میوه جلوگیری کرد (Wang et al., 2023). همچنین تیمار ترکیبی پس از برداشت میوه‌های نارنگی کینو با صمغ عربی و گاما-آمینوبوتیریک اسید به طور قابل توجهی از کاهش وزن میوه‌ها جلوگیری نمود (Ali et al., 2023) که با نتایج این پژوهش همسو بود. کاهش افت وزن میوه‌های تیمار شده با کیتوزان و آلژینات غنی شده با عصاره پوست انار می‌تواند به این دلیل باشد که این عصاره به عنوان مانعی از بخار شدن آب میوه جلوگیری نموده و محدودکننده جذب اکسیژن نیز باشد. خروج بخار آب از سطح میوه‌ها و سبزیجات به دلیل خاصیت آب‌گریزی عصاره پوست انار کاهش می‌یابد (Nair et al., 2018). نتایج این پژوهش در مورد کاهش وزن با مطالعات دیگری که روی تأثیر عصاره پوست انار بر کیفیت میوه‌های دیگر مرکبات (Taherpour et al., 2020) و گواوا (Nair et al., 2018) صورت گرفته مطابقت دارد.



شکل ۲. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرمکی ۰/۱ درصد، M0.2: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.2+PP: مرمکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۱۲ و ۲۴ روز انبارمانی در دمای 25 ± 2 درجه سانتی گراد بر کاهش وزن ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

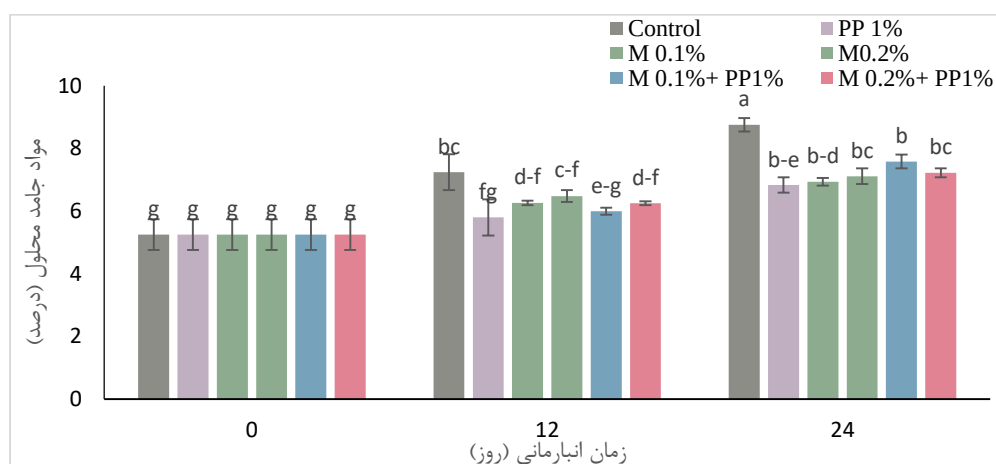
محتوای کل مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH

علی‌رغم آن‌که TSS در تمامی تیمارها و گروه شاهد طی دوره انبارمانی به تدریج افزایش یافت، اما افزایش مشاهده شده در گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. نتایج نشان داد که کمترین میزان TSS در روز ۲۴ انبارمانی در تیمار با عصاره پوست انار یک درصد (معادل ۶/۸۳ درصد) مشاهده شد، درحالی‌که بیشترین میزان TSS در گروه شاهد (معادل ۸/۷۶ درصد) ثبت گردید (شکل ۳).

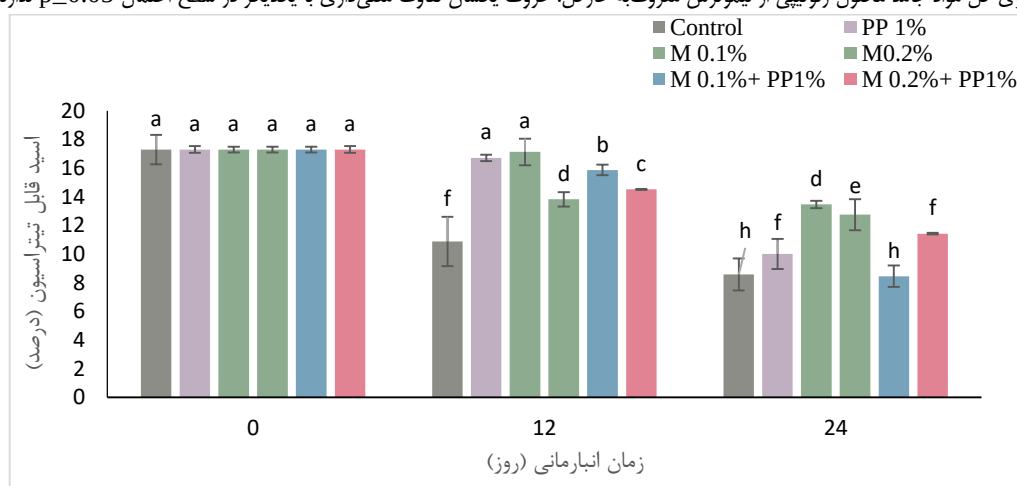
طی دوره انبارمانی، اسیدیته قابل تیتراسیون لیموترش به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر پوشش‌های مرمکی و عصاره پوست انار قرار گرفت. در بیشتر تیمارها، TA بالاتر از تیمار شاهد بود و در پایان دوره انبارمانی، بالاترین TA مربوط به تیمار مرمکی ۰/۱ درصد به‌دست آمد (شکل ۴).

نتایج نشان داد علی‌رغم آن‌که در طول دوازده روز انبارمانی مقدار pH گروه شاهد نسبت به بیشتر تیمارها کمتر است، اما در طول مدت ۲۴ روز انبارمانی، بیشترین مقدار pH میوه لیموترش در گروه شاهد (۲/۱) مشاهده شد و میوه تیمار شده با ۰/۲ درصد پوشش صمغ مرمکی، کمترین مقدار pH معادل ۱/۷۲ را نشان داد (شکل ۵).

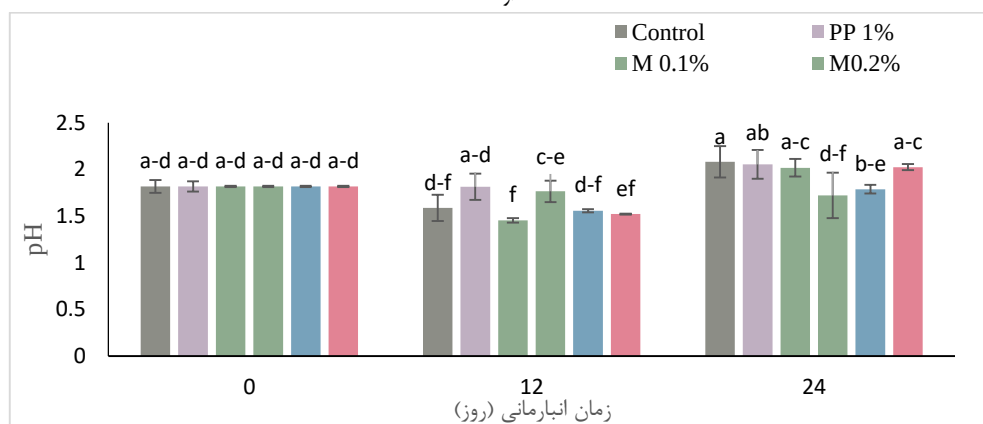
در پایان دوره انبارمانی، افزایش کمی در TSS و کاهش اندکی در TA در تمام نمونه‌ها مشاهده شد؛ اگرچه با شدت کمتری در میوه‌های تیمار شده همراه بود. ممکن است افزایش یا کاهش اسیدیته در طول دوره انبارمانی، به دلیل تبدیل آنها به قند و استفاده بیشتر در فرآیندهای متابولیک میوه باشد. در طول دوره انبارداری، هیدرولیز نشاسته به قند منجر به افزایش میزان مواد جامد محلول می‌شود (Wang et al., 2013) و با تخریب دیواره سلولی و افزایش در غلظت ماده خشک، نسبت آب میوه به مواد جامد محلول کاهش می‌یابد (Khorram et al., 2017). در میوه انبه، استفاده از ترکیب پوشش‌های صمغ عربی و اسیدسینامیک باعث شده که محتوای مواد جامد محلول حفظ شود و اسیدیته قابل تیتراسیون نسبت به میوه‌های بدون پوشش کاهش یابد (Gill et al., 2024) که با نتایج پژوهش حاضر همسو است. در پژوهش دیگری درمورد پرتقال‌های تیمار شده با عصاره پوست انار، بیشترین میزان قند در نمونه‌هایی مشاهده شد که با غلظت نه گرم در لیتر تیمار شده بودند و کمترین میزان اسیدیته نیز در نمونه‌هایی با تیمار سه گرم در لیتر مشاهده گردید (Jawad and Al-Shammari, 2023). نتایج مشابه با مطالعه روی میوه گواوا با پوشش صمغ زانتان به‌دست آمد که در آن یک درصد مخلوط صمغ زانتان با پوشش نانوذرات کیتوزان ۰/۲ درصد، کیفیت کلی میوه‌های گواوا را طی دوره‌های نگهداری طولانی مدت در سردخانه بهبود بخشید (Gad and Zagzog, 2017). نتایج آزمایش دیگری حاکی از آن است که تیمار میوه عناب با صمغ بادام ده درصد منجر به کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون و کندشدن افزایش محتوای کل مواد جامد محلول بوده است (Naveed et al., 2024). تیمار میوه موز نیز با ترکیب آلوه‌ورا، نشاسته و صمغ عربی با کاهش سنتز محتوای کل مواد جامد محلول، ماندگاری میوه را افزایش داد (Tchinda et al., 2023). میوه انبه تیمار شده با پوشش زانتان دو درصد، pH پایین‌تری نسبت به نمونه شاهد داشته است (Kumar et al., 2023).



شکل ۳. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرّنگی ۱/۱ درصد، M0.2: مرّنگی ۲/۲ درصد، M0.1+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد M0.1+PP: مرّنگی ۱/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد بر محتوی کل مواد جامد محلول ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.



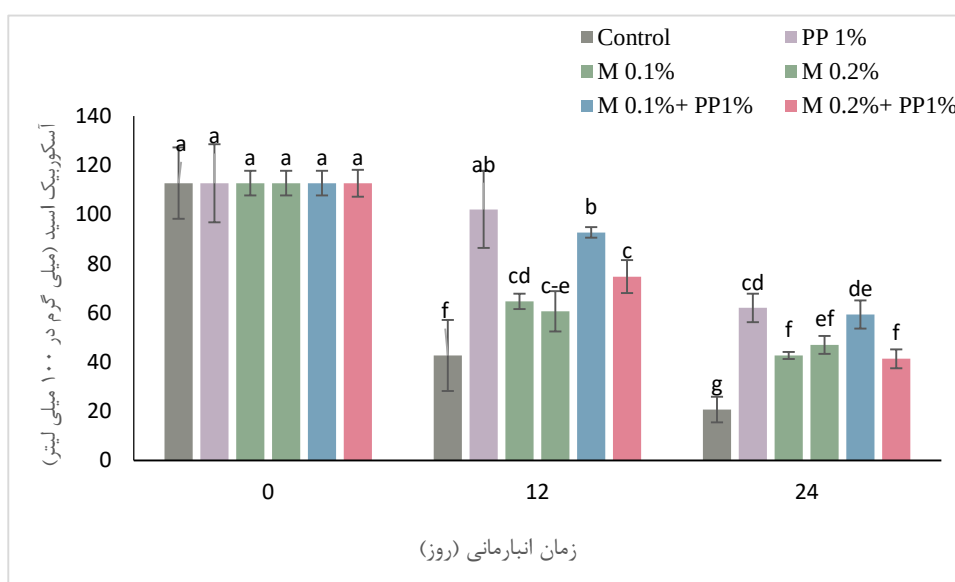
شکل ۴. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرّنگی ۱/۱ درصد، M0.2: مرّنگی ۲/۲ درصد، M0.1+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد M0.1+PP: مرّنگی ۱/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد بر محتوی کل اسیدیتنه قابل تیتراسیون بر آب میوه ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.



شکل ۵. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرّنگی ۱/۱ درصد، M0.2: مرّنگی ۲/۲ درصد، M0.1+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد M0.1+PP: مرّنگی ۱/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرّنگی ۲/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد بر مقدار pH آب میوه ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

اسید آسکوربیک

محتوی اسید آسکوربیک میوه طی دوره انبارمانی به طور معنی دار کاهش یافت؛ اما میوه های تیمار شده محتوی بالاتری نسبت به شاهد نشان دادند و بالاترین میزان اسید آسکوربیک در تیمار عصاره پوست انار یک درصد مشاهده شد. طی ۲۴ روز انبارمانی، حداکثر محتوای اسید آسکوربیک در میوه های تیمار شده با عصاره پوست انار به میزان ۶۲ میلی گرم در صد میلی لیتر آب میوه و حداقل آن در میوه های شاهد به میزان ۲۰/۶۶ میلی گرم در صد میلی لیتر آب میوه مشاهده شد (شکل ۶). اسید آسکوربیک قوی ترین آنتی اکسیدانی است که میوه را از اثرات مضر گونه های فعال اکسیژن محافظت می کند (Blokina *et al.*, 2003). کاربرد پوشش صمغ زانتان بر میوه عناب در طول انبارداری در آزمایشی سنجیده شد و مشخص گشت که بروز پوسیدگی به تأخیر افتاد و عناب های پوشش داده شده محتوای اسید آسکوربیک بالاتری را نشان دادند (Naveed *et al.*, 2024). در آزمایشی روی میوه گلابی اثر پوشش آلزینات سدیم (یک درصد و دو درصد) مخلوط با عصاره پوست انار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در مقایسه با شاهد، استفاده هم زمان از پوشش های نام برده در حفظ میزان اسید آسکوربیک مؤثر بودند (Megha *et al.*, 2023). پژوهش دیگری که توسط Anjum و همکاران (۲۰۲۰) روی میوه گواوا تیمار شده با عصاره سیر و صمغ عربی انجام شده، حکایت از آن دارد که محتوای اسید آسکوربیک به طور معنی داری نسبت به شاهد بالاتر بود که کلیه این نتایج با دست آوردهای تحقیق حاضر مطابقت دارند.

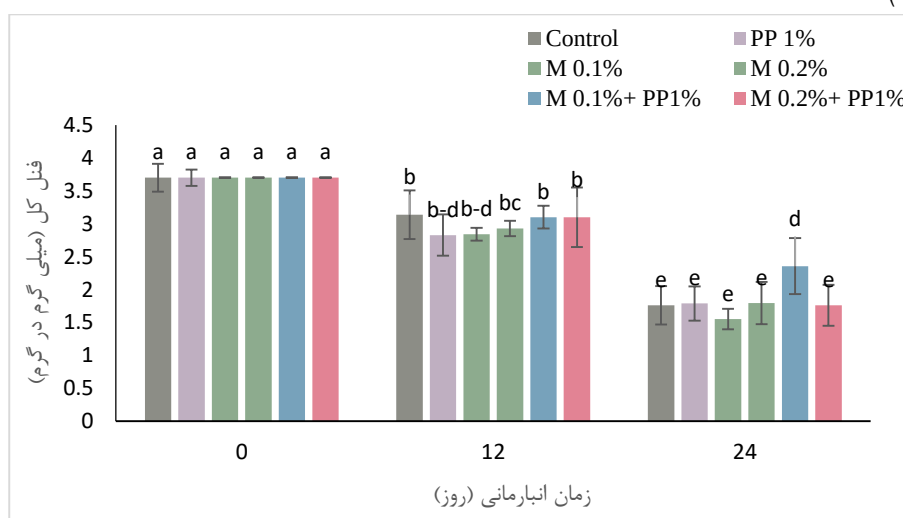


شکل ۶. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرمکی ۰/۱ درصد، M0.2: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.2+PP: مرمکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرمکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی گراد بر میزان اسید آسکوربیک آب میوه ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی اکسیدانی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که گروه شاهد، علی رغم حفظ میزان فنل بیشتر در روز دوازدهم انبارمانی، در پایان دوره با کاهش محتوای فنلی مواجه شد. در مقابل، تیمار صمغ مرمکی ۰/۱ درصد به همراه عصاره پوست انار (با غلظت ۴/۰۱ میلی گرم اسید فنولیک بر گرم وزن تر) در مقایسه با سایر تیمارها، محتوای فنلی بالاتری را نشان داد (شکل ۷).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد محتوای بالاتر فلاونوئید میوه لیموترش طی ۲۴ روز انبارمانی مربوط به تیمار عصاره پوست انار یک درصد به میزان ۱/۱ میلی گرم بر گرم درمقایسه با شاهد مشاهده بود (شکل ۸). ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه لیموترش طی انبارمانی به مقدار نسبتاً کمی کاهش یافت. در روزهای ۱۲ و ۲۴ انبارمانی، میوه‌های گروه شاهد به طور معنی داری ظرفیت آنتی اکسیدانی کمتری نسبت به بقیه‌ی تیمارها نشان دادند (شکل ۹). ترکیبات فنلی به عنوان آنتی اکسیدان‌های طبیعی در میوه‌ها، در طول فرآیند رسیدن افزایش می‌یابند اما با آغاز پیری، روند روبه کاهش می‌گیرند. ترکیبات فنلی طیف وسیعی از متابولیت‌های ثانویه با اثرات مفید بر سلامت انسان هستند (Luo et al., 2021). فلاونوئیدها، تانن‌ها و فنل‌ها با خواص ضد میکروبی که همگی در پوست میوه انار وجود دارند، توانایی حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها را در محصولات دارا هستند (George et al., 2019). همچنین، عصاره پوست انار منبع خوبی از مواد فعال زیستی مورد نیاز برای فعالیت بیولوژیک میوه مانند فلاونوئیدها به حساب می‌آید (Azmat et al., 2024). در پژوهشی دیگر، پوشش صمغ عربی در میوه هلو، سطوح بالاتری از کل فنل‌ها و فلاونوئیدها را در میوه‌ها حفظ کرد باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شد (Gan et al., 2024). همچنین تحقیقی روی نارنگی گونه کینو، تیمار پوشش‌های کامپوزیتی صمغ عربی (ده درصد) به طور مؤثری محتوای فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی کل را حفظ کردند (Bajaj et al., 2024). در میوه گلابی، تأثیر پوشش آلزینات سدیم (یک درصد و دو درصد) مخلوط با عصاره پوست انار مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در مقایسه با شاهد، استفاده هم‌زمان از پوشش‌های نام‌برده، در حفظ فعالیت‌های آنتی اکسیدانی کل و محتوای فنولیک کل در گلابی‌های ذخیره شده مؤثر بودند (Megha et al., 2023). همچنین در میوه‌های نارنگی گونه «اورلاندو» تانجلو^۲ تیمار شده با ملاتونین^۳ و صمغ زانتان، فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به گروه شاهد مشاهده گشت (Molaei Mohammad Abadi and Rastegar, 2024).

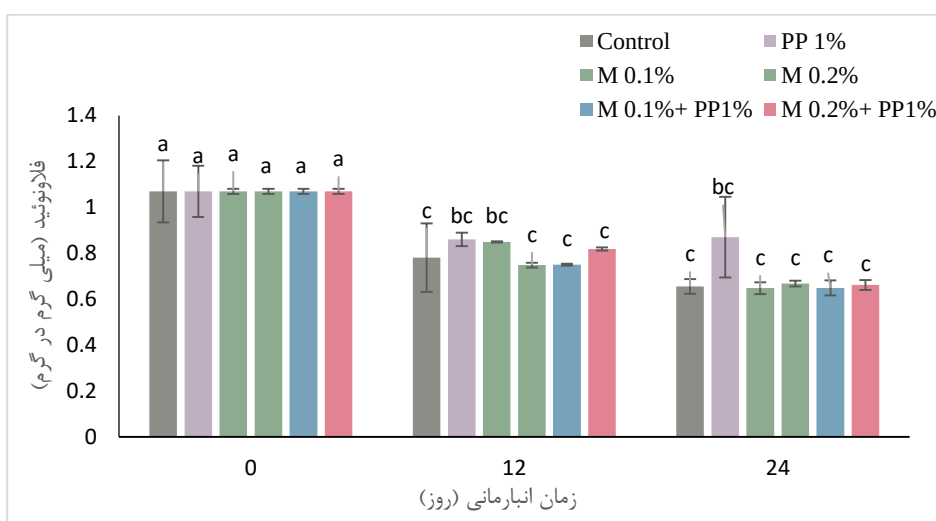


شکل ۷. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرّنگی ۰/۱ درصد، M0.2: مرّنگی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرّنگی ۰/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرّنگی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد بر میزان فنل آب میوه ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

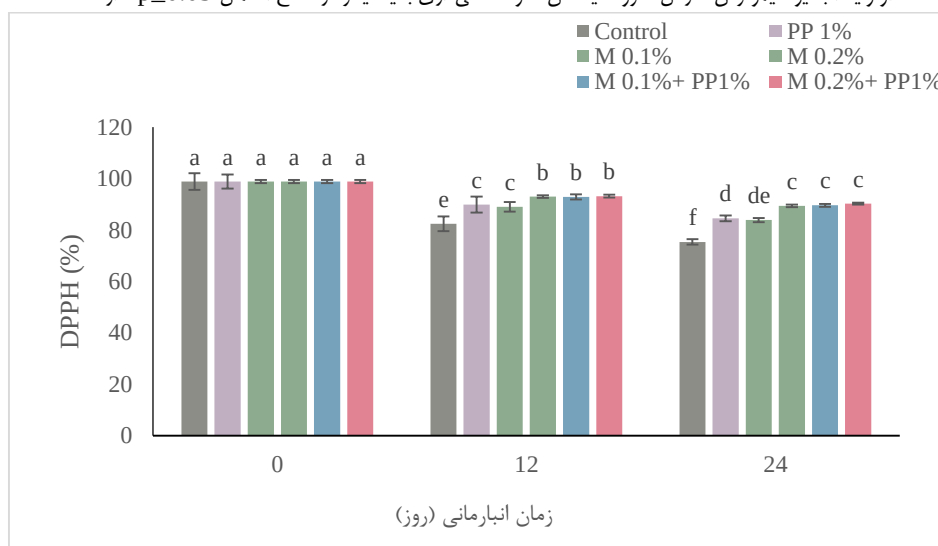
1Lipid

2“Orlando” tangelo

3Melatonin



شکل ۸. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرمکی ۰/۱ درصد، M0.2: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.2+PP: مرمکی ۰/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرمکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد بر فلاونوئید آب‌میوه لیموترش خارج. حروف یکسان تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

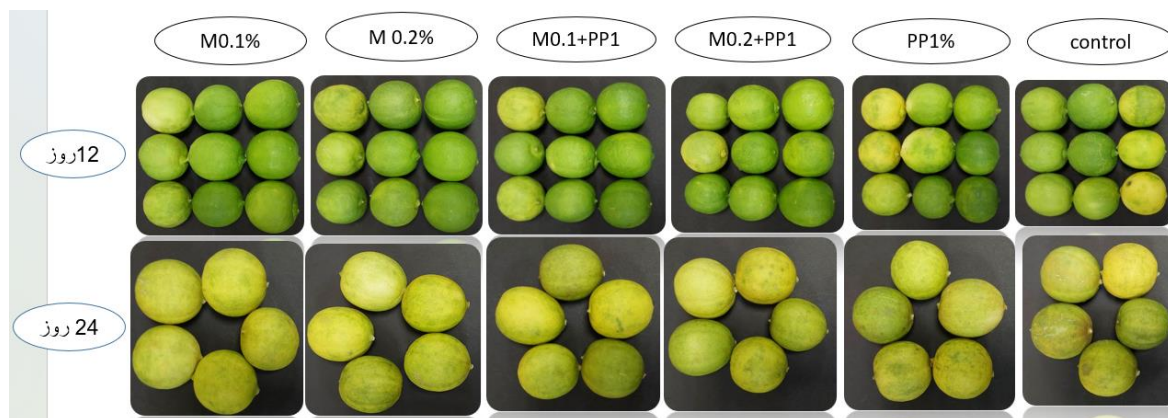


شکل ۹. اثر تیمارهای control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرمکی ۰/۱ درصد، M0.2: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرمکی ۰/۲ درصد، M0.2+PP: مرمکی ۰/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرمکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد بر میزان آنتی‌اکسیدان آب میوه ژنوتیپی از لیموترش معروف به خارگل. حروف یکسان تفاوت معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال $p \leq 0.05$ ندارند.

وضعیت ظاهری

مهم‌ترین شاخص ارزیابی و بازارپسندی میوه‌ها وضعیت ظاهری آنها می‌باشد. تیمار صمغ مرمکی ۰/۱ و ۰/۲ درصد دارای میوه‌ها با رنگ سبز و تازگی بیشتر نسبت به سایر تیمارها بودند. تیمار عصاره پوست انار نیز به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی با غلظت‌های مختلف صمغ مرمکی دارای میوه‌های تازه با اندکی تغییر رنگ بودن اما نسبت به گروه شاهد، از بازارپسندی خیلی بهتری برخوردار بودند؛ در صورتی که همه میوه‌های شاهد کاملاً خشک و دارای زردی بیشتری بود (شکل ۱۰). کیفیت میوه‌ها مانند تازگی، یکنواختی رنگ، سفتی و عدم پوسیدگی، نقش مهمی در حفظ کیفیت و امکان صادرات به بازارهای دوردست را داراست. در پژوهشی که توسط Mohammadi و همکاران (۲۰۲۳) انجام گرفته، افزایش عمر نگهداری و کیفیت میوه لیموترش با استفاده از پوشش‌های خوراکی صمغ ایرانی و روغن هسته انار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میوه‌های

پوشش داده شده با صمغ یک درصد، بهترین ماندگاری و کیفیت بازاریابی را دارا بودند. پژوهشی دیگر (Molaei Mohammad Abadi and Rastegar, 2024) نشان داد که استفاده از پوشش های زانتان پس از برداشت باعث حفظ کیفیت نارنگی گونه اورلاندو تانجلو در طول نگهداری شده است.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف control: شاهد، PP: عصاره پوست انار یک درصد، M0.1: صمغ مرَمَکی ۰/۱ درصد، M0.2: مرَمَکی ۰/۲ درصد، M0.1+PP: مرَمَکی ۰/۱ درصد با عصاره پوست انار، M0.2+PP: مرَمَکی ۰/۲ درصد با عصاره پوست انار؛ بر وضعیت ظاهری میوه های ژئوتیپی از لیموترش معروف به خارگل، طی ۲۴ روز انبارمانی در دمای 25 ± 2 درجه سانتی گراد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

از آنجایی که پوشش های خوراکی صمغ مرَمَکی و عصاره پوست انار در دمای محیط موجب افت کمتر وزن، حفظ مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون و بازاریابی بیشتر میوه ها شدند، می توانند به عنوان پوشش های پس از برداشت لیموترش استفاده شوند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای مرَمَکی در ترکیب با عصاره پوست انار باعث حفظ بهتر اسید آسکوربیک و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی نسبت به گروه شاهد شدند. از نظر ظاهری نیز میوه های تیمار شده با دارا بودن میوه های تازه و براق، نسبت به شاهد که دارای میوه های خشک و زرد رنگ بودند، بازاریابی مطلوب تری نشان دادند. بنابراین می توان این پوشش ها را جهت ارتقاء کیفیت میوه ها، افزایش عمر مفید آن ها و کاهش چشمگیر تلفات پس از برداشت توصیه نمود.

REFERENCES

- Ali, S.; Khan, A. S.; Nawaz, A.; Naz, S.; Ejaz, S.; Shah, A. A. & Haider, M. W. (2023). The combined application of Arabic gum coating and γ -aminobutyric acid mitigates chilling injury and maintains eating quality of 'Kinnow' mandarin fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, (236): 123966. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123966>
- Altemimi, A. B.; Al-Hilphy, A. R.; Abedelmaksoud, T. G.; Aboud, S. A.; Badwaik, L. S.; Noore, S. & Pratap-Singh, A. (2021). Infrared radiation favorably influences the quality characteristics of key lime juice. *Applied Sciences*, **11**(6): 2842. <https://doi.org/10.3390/app11062842>
- Anjum, M. A.; Akram, H.; Zaidi, M. & Ali, S. (2020). Effect of gum arabic and Aloe vera gel based edible coatings in combination with plant extracts on postharvest quality and storability of 'Gola' guava fruits. *Scientia Horticulturae*, (271): 109506. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109506>
- Azmat, F.; Safdar, M.; Ahmad, H.; Khan, M. R. J.; Abid, J., Naseer, M. S. & Suleria, H. A. R. (2024). Phytochemical profile, nutritional composition of pomegranate peel and peel extract as a potential source of nutraceutical: A comprehensive review. *Food Science & Nutrition*, **12**(2): 661-674. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3777>
- Bajaj, K.; Kumar, A.; Gill, P. P. S.; Jawandha, S. K. & Arora, R. (2024). Ameliorative effect of gum Arabic and essential oil coatings on postharvest preservation of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata*. Blanco). *Journal of Food Measurement and Characterization*: 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02772-8>
- Bhan, C.; Asrey, R.; Meena, N. K.; Rudra, S. G.; Chawla, G.; Kumar, R. & Kumar, R. (2022). Guar gum and chitosan-based composite edible coating extends the shelf life and preserves the bioactive compounds in stored Kinnow fruits. *International Journal of Biological Macromolecules*, **222**: 2922-2935. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.068>
- Blokhina, O.; Virolainen, E. & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of botany*, **91**(2): 179-194. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf118>
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International food research journal*, **15**(3), 237-248. <https://sid.ir/paper/681164/en>
- Chang, C. C.; Yang, M. H.; Wen, H. M. & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of food and drug analysis*, **10**(3). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Dong, F., & Wang, X. (2018). Guar gum and ginseng extract coatings maintain the quality of sweet cherry. *Lwt*, **89**: 117-122. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.035>
- Donkersley, P.; Silva, F. W.; Carvalho, C. M.; Al-Sadi, A. M. & Elliot, S. L. (2018). Biological, environmental and socioeconomic threats to citrus lime production. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **125**: 339-356. <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0160-x>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAOSTAT, Database. (2022). Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Gad, M. M. & Zagzog, O. A. (2017). Mixing xanthan gum and chitosan nano particles to form new coating for maintaining storage life and quality of elnamoura guava fruits. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **6**(11): 1582-1591. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.190>
- Gan, Z.; Zhang, Y.; Jin, Z.; Wang, Y.; Li, J.; Yang, C. & Guo, S. (2024). Gum arabic coating alleviates chilling injury of cold-stored peach by regulating reactive oxygen species, phenolic, and sugar metabolism. *Food Chemistry*: 139899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139899>
- George, N. S.; Cheung, L.; Luthria, D. L.; Santin, M.; Dawson, H. D.; Bhagwat, A. A. & Smith, A. D. (2019). Pomegranate peel extract alters the microbiome in mice and dysbiosis caused by *Citrobacter rodentium* infection. *Food Science & Nutrition*, **7**(8): 2565–2576. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1106>
- Gill, P. P. S.; Jawandha, S. K.; Singh, N. P.; Kaur, S. & Kaur, P. (2024). Role of gum Arabic combined with cinnamic acid coating on quality and cell wall degradation enzymes of mango fruits at low temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*, **259**: 129088.

- <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2023.129088>
- Jawad, A. A. & Al-Shammari, G. N. H. (2023). Effect of anti-transpiration inhibitors copper and chitosan, pomegranate peel and thyme leaves extracts and storage period on the chemical traits of local orange fruits. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1262**(4): 42014. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/1262/4/042014
- Khorram, F.; Ramezani, A. & Hosseini, S. M. H. (2017). Effect of different edible coatings on postharvest quality of 'Kinnow' mandarin. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **11**: 1827-1833. DOI 10.1007/s11694-017-9564-8
- Kumar, N.; Pratibha; Upadhyay, A.; Trajkovska Petkoska, A.; Gniewosz, M. & Kieliszek, M. (2023). Extending the shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruits by using edible coating based on xanthan gum and pomegranate peel extract. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **17**(2): 1300-1308. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01706-6>
- Lufu, R.; Ambaw, A. & Opara, U. L. (2020). Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*, **272**: 109519. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109519>
- Luo, J.; Si, H.; Jia, Z. & Liu, D. (2021). Dietary anti-aging polyphenols and potential mechanisms. *Antioxidants*, **10**(2): 283. <https://doi.org/10.3390/antiox10020283>
- Maphetu, N.; Unuofin, J. O.; Masuku, N. P.; Olisah, C. & Lebelo, S. L. (2022). Medicinal uses, pharmacological activities, phytochemistry, and the molecular mechanisms of *Punica granatum* L.(pomegranate) plant extracts: A review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **153**: 113256. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113256>
- Megha, M.; Gill, P. P. S.; Jawandha, S. K.; Kaur, N. & Sinha, A. (2023). Effects of sodium alginate plus pomegranate peel extract based edible coating on the antioxidant properties of pear fruit during low temperature storage. *Erwerbs-Obstbau*, **65**(5): 1341-1348. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00883-y>
- Mohammadi, M.; Dargiri, S. A. & Rastegar, S. (2023). The effect of Persian gum coating enriched with pomegranate seed oil on the quality of Mexican lime (*Citrus aurantifolia*). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, **19**(3): 79-94. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.82418.1257>
- Mohammadi, M.; Rastegar, S. & Rohani, A. (2024). Enhancing shelf-life and quality of Mexican lime (*Citrus aurantifolia* cv.) fruit: Utilizing edible coating from wild sage seeds enriched with pomegranate seed oils. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **18**(1): 331-344. <https://doi.org/10.1007/s11694-023-02176-0>
- Molaei Mohammad Abadi, S. & Rastegar, S. (2024). Preharvest melatonin and postharvest xanthan gum coating maintain the quality of Orlando tangelos during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, **20**(3): 49-64. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2024.87553.1324>
- 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. DOI [10.1016/j.foodchem.2017.07.122](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.122)
- Naveed, F.; Nawaz, A.; Ali, S. & Ejaz, S. (2024). Xanthan gum coating delays ripening and softening of jujube fruit by reducing oxidative stress and suppressing cell wall polysaccharides disassembly. *Postharvest Biology and Technology*, **209**: 112689. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112689>
- Naveed, F.; Nawaz, A.; Ali, S.; Ejaz, S. & Saleem, M. S. (2024). Almond gum-based hydrocolloid coating delays surface reddening and suppresses softening of harvested jujube (*Ziziphus mauritiana* L.) fruit. *Progress in Organic Coatings*, **194**: 108554. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2024.108554>
- O'grady, L.; Sigge, G.; Caleb, O. & Opara, U.L. (2014) Effects of storage temperature and duration on chemical properties, proximate composition and selected bioactive components of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *LWT-Food Science and Technology*, **57**(2): 508-515. DOI 10.1016/j.lwt.2014.02.030
- Ordóñez, A.A.L.; Gómez, J.D. & Vattuone, M.A. (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. *Food Chemistry*, **97**(3): 452-458.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.024>
- Panahirad, S.; Dadpour, M.; Peighambaroust, S. H.; Soltanzadeh, M.; Gullón, B.; Alirezalu, K. & Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose-and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **110**: 663-673. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.025>
- Rongai, D.; Sabatini, N.; Pulcini, P.; Di Marco, C.; Storch, L. & Marrone, A. (2018). Effect of pomegranate peel extract on shelf life of strawberries: computational chemistry approaches to assess antifungal mechanisms involved. *Journal of food science and technology*, **55**(*): 2702-2711. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3192-0>
- Salehi, F. (2020). Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: A review. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2): 570-589. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746730>
- Shakir, M. S.; Ejaz, S.; Hussain, S.; Ali, S.; Sardar, H.; Azam, M. & Canan, İ. (2022). Synergistic effect of gum Arabic and carboxymethyl cellulose as biocomposite coating delays senescence in stored tomatoes by regulating antioxidants and cell wall degradation. *International Journal of Biological Macromolecules*, **201**: 641-652. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.01.073>
- Strano, M. C.; Altieri, G.; Allegra, M.; Di Renzo, G. C.; Paterna, G.; Matera, A. & Genovese, F. (2022). Postharvest technologies of fresh citrus fruit: Advances and recent developments for the loss reduction during handling and storage. *Horticulturae*, **8**(7): 612. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612>
- Taherpour, L.; HosseiniFarahi, M. & Radi, M. (2020). Application of pomegranate peel extract (PPE) with sodium alginate (Alg-Na) coating on fruit decay control and quality of sweet lemon fruit cv Mahali. *Food Technology and Nutrition*, **17**(3):108-122. <https://sid.ir/paper/395780/en>
- Tahir, H. E.; Xiaobo, Z.; Jiyong, S.; Mahunu, G. K.; Zhai, X. & Mariod, A. A. (2018). Quality and postharvest-shelf life of coldstored strawberry fruit as affected by gum arabic (*Acacia senegal*) edible coating. *Journal of Food Biochemistry*, **42**(3): 12527. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12527>
- Tavallali, V. (2019). Vacuum infiltration of 24epibrassinolide delays chlorophyll degradation and maintains quality of lime during cold storage. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*,: 35– 48. <https://doi.org/10.24326/asphc.2018.1.4>
- Wang, F. X.; Zhang, Q.; Yang, and Zhao, (2019). Exogenous melatonin delays postharvest fruit senescence and maintains the quality of sweet cherries. *Food Chem*, **301**: 125311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125311>
- Tchinda, A. N.; Anoumaa, M.; Tazo, F. L. T.; Phounzong, E. T.; Kenfack, O. J.; Lekeufack, M. & Fonkou, T. (2023). Edible coating formulated by optimization from *Aloe vera*, starch, and Arabic gum improved the conservation of banana (*Musa acuminata*) fruits. *International Journal of Food Science*, **2023**(1): 3746425. <https://doi.org/10.1155/2023/3746425>
- Tripathi, A.D.; Sharma, R.; Agarwal, A. & Haleem, D.R. (2021). Nanoemulsions based edible coatings with potential food applications. *International Journal of Biobased Plastics*, **3**(1): 112-125. <https://doi.org/10.1080/24759651.2021.1875615>
- Wang, H.; Zhang, Y.; Pu, Y.; Chen, L.; He, X.; Cao, J. & Jiang, W. (2023). Composite coating of guar gum with salicylic acid alleviates the quality deterioration of vibration damage in ‘Huangguan’ pear fruit through the regulation of antioxidant metabolism. *Postharvest Biology and Technology*, **205**: 112476. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112476>
- 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 arnensis* Duch.). *LWT-Food Science and Technology*, **52**(2): 71-79. DOI 10.1016/j.lwt.2012.05.003