

Investigation of the Effect of Post-harvest Treatment with Water and Disinfectant Agents Activated by Cold Plasma on Certain Physicochemical Properties of Oranges

S.F. Hossieni¹, S.J. Hashemi^{1*}, A. Ranjbar Nedamani¹, F. Sohbatzadeh²

1- Mechanic of Biosystem Department, Sari Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran

(*- Corresponding Author Email: szhash@yahoo.com)

2- Department of Atomic and Molecular Physics, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Received: 01.07.2025
Revised: 07.09.2025
Accepted: 14.09.2025
Available Online: 16.11.2025

How to cite this article:

Hossieni, S.F., Hashemi, S.J., Ranjbar Nedamani, A., & Sohbatzadeh, F. (2025). Investigation of the effect of post-harvest treatment with water and disinfectant agents activated by cold plasma on certain physicochemical properties of oranges. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 21(5), 497-510. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2025.94222.1452>

Introduction

Citrus fruits are among the world's most widely cultivated crops, owing to their rich content of vitamins, minerals, and dietary fiber. Mechanical damage during harvesting and transportation can promote the growth of bacteria and fungi, increasing postharvest losses. The use of fungicides and chemicals to mitigate these damages raises environmental concerns. Modern technology and practical development are required to ensure maintaining healthy food, environmental preservation, and food quality without altering its properties. In this study, the effect of plasma technology applied on hydrogen peroxide solution, and comparing it with a fungicide-hot-water treatment and a hydrogen peroxide solution without plasma, on the physicochemical properties of Moro cultivar blood oranges were investigated.

Materials and Methods

This study involved four treatments: hydrogen peroxide solution (H_2O_2), plasma-activated hydrogen peroxide (PH_2O_2), fungicide-hot water (WT; hot water with fungicide), and a control (C). Treatments were applied on days 0, 15, 30, 45, and 75 (D0–D75) during storage. Changes in pH, total soluble solids (TSS), total acidity (TA), vitamin C content, firmness, weight loss percentage, ripening index (TSS/TA), and color variations in both the fruit and juice were determined.

Results and Discussion

The results showed that PH_2O_2 samples had the lowest pH and the highest acidity, indicating a slowdown in fruit aging. By the end of storage period, there was no significant difference in pH between the H_2O_2 and WT samples. Vitamin C content was higher in samples treated with fungicide-hot-water; however, the PH_2O_2 treatment did not reduce vitamin C levels compared to the control. Total soluble solids increased in all treatments during storage period, with the greatest change observed in WT. All treatments maintained fruit firmness, although weight loss was higher in WT. The optimal storage time for samples treated with PH_2O_2 and H_2O_2 extended to day 45, showing the most favorable effects on the physicochemical properties of oranges.

Conclusion

In summary, hydrogen peroxide and plasma-activated hydrogen peroxide effectively contribute to controlling and reducing the viability of the green mold *Penicillium digitatum*, which is in consist with previous studies.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/ifstrj.2025.94222.1452>

Considering environmental and human health concerns associated with fungicides, as well as the higher cost of fungicides compared with plasma- and hydrogen peroxide-based approaches, the hydrogen peroxide-plasma treatment shows promise as an alternative to fungicide-treatment strategy, with positive impacts on certain quality traits of orange juice.

Keywords: Cold plasma, Hydrogen peroxide, Fungicide, Orange

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۴، ص. ۴۹۷-۵۱۰

بررسی تأثیر تیمار پس از برداشت با آب و مواد ضد عفونی فعال شده با پلاسمای سرد بر برخی خواص فیزیکوشیمیایی پرتقال

سیده فاطمه حسینی^۱ - سید جعفر هاشمی^{۱*} - آزاده رنجبر ندامانی^۱ - فرشاد صحبت زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

مرکبات منابعی غنی از ویتامین، مواد معدنی و فیبر غذایی فراوان بوده و جزو محبوب‌ترین میوه‌ها در جهان هستند. آسیب‌های مکانیکی در فرآیند برداشت و حمل‌ونقل منجر به رشد میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها و در نتیجه افزایش ضایعات این محصولات می‌شود. استفاده از قارچ‌کش‌ها و مواد شیمیایی برای کاهش این آسیب‌ها، نگرانی‌های زیست‌محیطی را به همراه دارد، بنابراین استفاده از روشی جایگزین که دوستدار محیط‌زیست بوده و قابلیت توسعه پایدار در فرآوری مواد غذایی را با مصرف کمتری از آب و انرژی داشته باشد، ضروری است. در این پژوهش اثر محلول پراکسید هیدروژن فعال شده با پلاسمای سرد و مقایسه آن با اثر قارچ‌کش و محلول پراکسید هیدروژن روی پرتقال خونی رقم مورو در شرایط انبارمانی «طی ۷۵ روز» در روزهای ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۷۵ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد تیمار پرتقال با پراکسید هیدروژن- پلاسمای باعث کاهش روند پیری میوه شد؛ زیرا این نمونه‌ها کمترین میزان pH و بیشترین اسیدیته را داشتند. تیمار قارچ‌کش- آب گرم موجب حفظ بهتر میزان ویتامین C شد؛ با این حال در مقایسه با نمونه شاهد، تیمار پلاسمای سرد اثر منفی بر میزان ویتامین C نداشت. میزان مواد جامد محلول در تمامی تیمارها در طول نگهداری افزایش یافت، اما بیشترین تغییرات در تیمار قارچ‌کش- آب گرم دیده شد. تیمارها باعث حفظ سفتی پرتقال شدند، اما کاهش وزن در نمونه‌های قارچ‌کش- آب گرم بیشتر بود. تیمار پراکسید هیدروژن- پلاسمای تغییرات کمتری در شاخص روشنایی «L» نسبت به سایر تیمارها ایجاد کرد. با توجه به خواص ضد میکروبی پلاسمای و پراکسید هیدروژن، و نتایج این پژوهش که نشان می‌دهد این محصول تأثیر منفی بر خواص کیفی پرتقال ندارد، بلکه در برخی موارد موجب حفظ بهتر کیفیت نمونه‌ها می‌شود، همچنین با در نظر گرفتن اقتصادی بودن و سازگاری این ترکیب با محیط‌زیست، استفاده از تیمار پلاسمای سرد به عنوان جایگزینی مناسب برای قارچ‌کش‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پراکسید هیدروژن، پرتقال، پلاسمای سرد، قارچ‌کش

مقدمه

(2004). کپک‌ها و قارچ‌ها از بیماری‌های مهم پس از برداشت در مرکبات هستند که در طول دوره نگهداری آسیب‌های زیادی به میوه وارد کرده و موجب افزایش ضایعات پس از برداشت پرتقال می‌شوند (Obagwu & Korsten, 2003). به همین دلیل از روش‌هایی مانند انبار سرد، تیماردهی با آب گرم، استفاده از موم و قارچ‌کش‌ها به عنوان روش‌های مرسوم برای افزایش زمان انبارمانی محصولات باغبانی از

میزان تولید کلی مرکبات در جهان حدود ۱۴۴ هزار تن گزارش شده که حدود ۷۶ هزار تن آن مربوط به پرتقال است (FAO, 2021). میوه‌جاتی مانند مرکبات به اشکال مختلف مورد مصرف قرار می‌گیرند و افزایش ماندگاری آنها در زمان غیر از فصل تولید، با کنترل فساد و بیماری‌های پس از برداشت امکان‌پذیر است (Ismail & Zhang,)

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
(Email: szhash@yahoo.com)

۲- گروه فیزیک اتمی و مولکولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

ماندگاری پرتقال خونی استفاده کردند. کب- گونزالس و همکاران (Queb-González, Lopez-Malo, Sosa-Morales, & Villa- (Rojas, 2020) نیز گزارش دادند که حمام آب داغ و حرارت دهی با مایکروویو می‌تواند روش مفیدی برای کنترل فساد میوه نارنگی ماندارین باشد؛ اما باعث افت ویتامین ث طی نگهداری خواهد شد (Queb-González et al., 2020). همچنین، استفاده از محلول پراکسید هیدروژن (H_2O_2) با ویژگی‌های ضد باکتری قوی و ارزان قیمت با غلظت‌های متفاوت نیز جهت کاهش بار میکروبی و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی پیشنهاد شده است (Maktabi, Zarei, & Rashnavady, 2018). طبق گزارش مین لین و همکاران (Lin, Moon, Doyle, & Mcwatters, 2002) مشخص شد استفاده از تیمار پراکسید هیدروژن ۲٪ و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، ماندگاری برگ کاهو را تا ۱۵ روز افزایش داد. کرمی و همکاران (Karami, Rahemi, Yassaie, & Karami, 2023) گزارش دادند تیمار کشمش با پراکسید هیدروژن ۰/۹٪ باعث از بین رفتن آلودگی میکروبی آن شد. برزنونی و همکاران (Barzanouni, Sadrnia, Sohbatzadeh, & Khodavaissy, 2024) گزارش دادند که پراکسید هیدروژن با غلظت‌های ۰/۵ و ۰/۵٪ موجب کاهش لگاریتمی بار میکروبی کپک سبز در زمان ۱۵ دقیقه شد.

دراین‌بین، پلاسمای سرد یک فناوری نوظهور ضدعفونی غیرحرارتی است که می‌توان بدون مواد شیمیایی از آن جهت نگهداری میوه‌ها در راستای سازگاری با محیطزیست استفاده کرد (Fridman et al., 2008; Tarabová et al., 2021). خواجوند و همکاران (Shakerinasab & Mohsenpour, 2021) به بررسی اثر ضد میکروبی تخلیه سد دی‌الکتریک (DBD) بر ویژگی‌های زعفران پرداخته و میزان کروسین، پیکروسین و سافرانال را بررسی کردند. آنها دریافتند پلاسمای سرد ۱۵ دقیقه‌ای توانست باکتری /شریشیاکلی را به‌طور کامل از زعفران حذف کند (Shakerinasab & Mohsenpour, 2021).

در مطالعه‌ای، آب فعال شده با پلاسما «PAW»^۳ تولیدی از گازهای Ar/O_2 «۹۸٪ Ar و ۲٪ O_2 در هر حجم» روی توت‌فرنگی تلقیح شده با باکتری استافیلوکوکوس اورئوس^۴ منجر به کاهش ۱/۶ تا $\log 2/3$ در روز صفر و ۱/۷ تا $\log 3/4$ در روز چهارم ذخیره‌سازی شد. علاوه بر این، هیچ تغییر قابل توجهی در رنگ، سفتی و pH توت‌فرنگی تیمار شده با PAW مشاهده نشد (Ma et al., 2015). همچنین فعال کردن محلول‌های ضدعفونی و ضد میکروبی مانند پراکسید هیدروژن با استفاده از پلاسما موجب هم‌افزایی خواص ضد میکروبی محلول و

جمله پرتقال استفاده می‌شود (Faghieh nasiri, Omidbaigi, Fakhr Tabatabaie, Arzani, & Zare, 2019).

استفاده از قارچ‌کش برای میوه تازه برداشت شده، از جمله روش‌های بسیار رایجی است که برای جلوگیری از بیماری‌های قارچی محصولات باغی به‌ویژه مرکبات استفاده می‌شود. نیکخواه و گنجی مقدم (Nikkhah & Moghadam, 2005) گزارش دادند که با غوطه‌وری سیب گل‌دن‌دلشس در محلول قارچ‌کش، ویژگی‌های کیفی و حسی میوه پس از نگهداری شش ماهه در سردخانه حفظ شد. تقی پور و همکاران (Taghipour, Katabchi, & Shorzei, 2012) به بررسی عملکرد باکتری‌های جداسازی شده با استفاده از آب گرم و قارچ‌کش تیابندازول^۱ در جلوگیری از رشد و گسترش بیماری کپک سبز میوه لیموترش پرداختند. آنها گزارش کردند که تیمار قارچ‌کش به‌مدت ۲ دقیقه با ۱۰۰ درصد بازدارندگی، بیشترین تأثیر جلوگیری از رشد و گسترش کپک سبز در میوه لیموترش را داراست. طولانی شدن زمان نگهداری و کاش ضایعات میوه جات طی انبارداری نقطه قوت استفاده از قارچ‌کش‌ها است. اما اثر نامطلوب آن از نظر آلودگی‌های محیط‌زیستی و سلامتی انسان، سبب شد تا روش‌های جایگزین کنترل عوامل افت میوه‌جات پس از برداشت (مانند به‌کارگیری عصاره‌های گیاهی، کیتوزان، پتیرسین و متیل جاسمونات، پرتودهی و پلاسما (سرد) مورد بررسی قرار بگیرد. رستگار و طهماسبی (Rastgar & Tahmasabi, 2018) با بررسی تأثیر اسانس گل راعی، مورخوش و سالوبا در جلوگیری از رشد قارچ بوتریتیس^۲ در توت‌فرنگی، گزارش کردند که اسانس‌های گیاهی تأثیر معنی‌داری بر حفظ کیفیت و افزایش سفتی میوه توت‌فرنگی داشته و تأثیر آن‌ها بسته به رقم، متفاوت بود (Rastgar & Tahmasabi, 2018). باران زهی و همکاران (Baran Zehi, Gholam Nezhad, Dehestani, Jafari, & Naseri Nasab, 2019) عصاره‌های آبی و اتانولی اسطوخودوس، چریش و میخک را به همراه استفاده از موم و کیتوزان با غلظت‌های مختلف استفاده کردند تا اثر آنها بر ماندگاری پرتقال تامسون بررسی کنند. آنها دریافتند طی ۱۰۰ روز نگهداری نمونه‌های پوشش یافته در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد، تیمار موم به همراه عصاره اتانولی اسطوخودوس و همچنین ترکیب تیمار اتانولی میخک و کیتوزان اثر بهتری در افزایش ماندگاری میوه داشتند (Baran Zehi et al., 2019).

روش‌های حرارتی نیز به‌عنوان تیمار پس از برداشت در برخی میوه‌ها و محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند. فتاحی مقدم و همکاران (Fattahi, Hashempour, Hamidoghli, & Fotouhi, 2018) از پیش تیمار حرارتی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای افزایش

3- Plasma activated water

4- *Staphylococcus aureus*

1- Thiabendazole

2- *Botrytis cinerea*

کیلوولت پیک-تا-پیک با جریان مصرفی ۱/۷ آمپر پلاسمای سرد تولید گردید و برای فعال کردن پراکسید هیدروژن استفاده شد. محلول قارچ کش Deccomix با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر تهیه و در دستگاه گرمادرمانی «فقانی، ساخت ایران» به دمای ۳۷ درجه سانتی گراد رسانده شد. با استفاده از محلول ۳۰٪ حجمی پراکسید هیدروژن یک محلول ۵/۰٪ پراکسید هیدروژن نیز تهیه و سپس دو بخش تقسیم شد. یک بخش از آن برای هر بار استفاده به مقدار ۲۰۰ میلی لیتر با استفاده از پلاسمای به مدت ۱۵ دقیقه فعال شد. سپس نمونه های پرتقال در ۱۰۰ میلی لیتر از پراکسید هیدروژن فعال شده، به مدت ۸ دقیقه غوطه ور شدند. همچنین به منظور بررسی تأثیرات روش سنتی، نمونه های پرتقال در تیمار قارچ کش- آب گرم به مدت ۳ دقیقه غوطه ور شدند. در تیمار شاهد، نمونه ها پس از برداشت با آب شسته و بدون هیچ فرآیندی در شرایط معمولی به عنوان نمونه کنترل لحاظ شدند. سپس تیمارها در دمای محیط خشک و در کیسه های نایلونی بسته بندی شدند. تمامی نمونه ها به مدت ۷۵ روز جهت بررسی تغییرات در دمای ۲۵°C درون جبهه های پلاستیکی و در یک محیط بسته تهویه دار شده و بدون رفت و آمد افراد، پایش شدند.

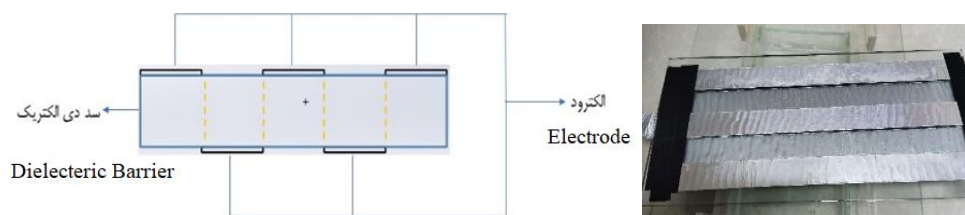
بر اساس برنامه زمان بندی، تغییرات pH، مواد جامد محلول «TSS»، اسیدیته کل «TA»، ویتامین ث، سفتی، درصد کاهش وزن، اندیس رسیدگی «TSS/TA»، تغییرات رنگ میوه و آب میوه پرتقال مورد ارزیابی قرار گرفت. از یک ترازوی آزمایشگاهی «WT500- 3G» با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای تعیین وزن استفاده شد. آزمون میزان سفتی با استفاده از دستگاه بافت سنج صورت گرفت. نیروی مورد نیاز برای فشردن میوه به میزان ۱۰٪ قطر آن در نظر گرفته شد. از دستگاه pH متر «PB-10SARTORIUS آلمان» برای سنجش pH استفاده شد. مقدار مواد جامد محلول «درجه بریکس» با استفاده از دستگاه رفاکتر دیجیتال «سری Huxia D چین» اندازه گیری شد. برای سنجش اسیدیته کل «TA» مطابق با استاندارد ملی ایران «شماره ۳۶۸۵» انجام شد (Hosseini, Asghari, & Khezri, 2023). از روش تیتراسیون ید برای اندازه گیری ویتامین ث استفاده شد (Barzanoni, Aghkhani, Moskouki, & Abbaspourfard, 2014).

تأثیر چهار تیمار طراحی شده و زمان انبارمانی بر ویژگی های کیفی از جمله ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی میوه پرتقال در سه تکرار بررسی شد. ارزیابی آماری نتایج به دست آمده با استفاده از طرح فاکتوریل دوعاملی در نرم افزار SPSS v.26 انجام شد. برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن تا سطح اطمینان ۵٪ استفاده شد.

کاهش نیاز به غلظت های بالای این مواد می شود. محلول ۰/۱ و ۰/۵ درصد پراکسید هیدروژن فعال شده با پلاسمای در زمان ۱۵ دقیقه سبب افزایش اکسیداسیون محلول، توقف کامل رشد قارچ پنیسیلوم و در نتیجه منجر به مرگ سلولی بیشتر اسپورها شد (Barzanouni et al., 2024). محلول H₂O₂ با غلظت کم در حدود ۱ تا ۵ درصد برای ضد عفونی در صنایع غذایی و بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود (Parish et al., 2003). با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت استفاده از روش های سالم زیست محیطی و حفظ سلامتی مصرف کنندگان مرکبات، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر غوطه وری نمونه های پرتقال خونی در محلول فعال شده با پلاسمای سرد و مقایسه آن با روش های رایج افزایش انبارمانی پرتقال از جمله قارچ کش- آب گرم بر برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پرتقال خونی است.

مواد و روش ها

این تحقیق شامل چهار تیمار پراکسید هیدروژن «H₂O₂»، پراکسید هیدروژن فعال شده با پلاسمای «PH₂O₂»، قارچ کش- آب گرم «WT» و شاهد «C» جهت بررسی انبارمانی پرتقال خونی رقم مورو «Moro blood orange» به مدت ۷۵ روز در دمای محیط بود. آزمون ها در روزهای ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۷۵ «D75- D0» روی نمونه ها صورت گرفت. برای انجام هر تیمار، ۵۰ عدد پرتقال به صورت تصادفی از باغ پرتقال در شهر بابل و با وزن و ابعاد مشابه انتخاب شدند. تمامی ۲۰۰ پرتقال خونی، با آب شسته و در دمای محیط به آرامی خشک شدند. سیستم تولید کننده پلاسمای سد دی الکتریک سطحی^۱ «SDB» شامل تعدادی الکترود تخت آلومینیومی که به فاصله ۴ میلی متر از یکدیگر قرار گرفته و پلاسمای بین لبه دو الکترود مقابل هم ایجاد می شود، برای فعال کردن پراکسید هیدروژن استفاده شد. در این سیستم از یک شیشه به عنوان سد دی الکتریک استفاده شد (شکل ۱). جهت تولید پلاسمای انرژی یک منبع تغذیه ولتاژ بالا با ۲۴ KV و جریان ۱/۷ A استفاده شد. تمامی مراحل ساخت، تأیید، بررسی و کالیبراسیون دستگاه مطابق استانداردها توسط گروه فیزیک اتمی و مولکولی دانشگاه مازندران انجام شد (Amirabadi, Milani, & Sohbatazadeh, 2020). سیستم تولید کننده پلاسمای سد دی الکتریک سطحی «SDB» شامل تعدادی الکترود تخت موازی از جنس آلومینیومی با ضخامت ۲۰۰ میکرومتر که بر روی سمت بالایی یک شیشه تخت با ضخامت ۴ میلی متر قرار داده شدند. در سمت پایین شیشه نیز الکترود های آلومینیومی موازی مقابل الکترود های سطح بالایی قرار داده شدند. فاصله هوایی الکترود های بالایی و پایینی ۲ میلی متر تنظیم شد. با اعمال ولتاژ سینوسی ۲۴



شکل ۱- سیستم تولیدکننده پلاسمای سرد
Fig. 1. Cold plasma generator system

مقایسه میانگین ویژگی‌های کیفی آب پرتقال

مطابق شکل ۲، تغییرات pH آب میوه طی دوره نگهداری روند متغیری داشته است. در این شکل نشان داده می‌شود که در نمونه‌هایی که با پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن-پلاسمای تیمار شده بودند، pH پس از ۱۵ روز کاهش و سپس افزایش یافت. اما مقدار pH نمونه‌ها در روز ۷۵، کمتر از روز صفر بود. در نمونه‌هایی که با آب گرم تیمار شده بودند، pH پس از ۱۵ روز کاهش و سپس تا پاسان روز ۴۵ ام، افزایش و مجدداً کاهش یافت.

در مقایسه با pH روز صفر، در روز ۷۵ ام pH تمامی تیمارها به جز شاهد کاهش یافت و از این نظر تفاوت معناداری بین تیمارهای پراکسید هیدروژن و قارچ‌کش-آب گرم وجود نداشت. نمونه‌هایی که با پراکسید هیدروژن-پلاسمای تیمار شده بودند، کمترین pH را داشتند که احتمالاً این کاهش به دلیل تشکیل گونه‌های فعال نظیر H_2O_2 HNO_3 $ONOOH$ طی اثر پلاسمای سرد و اثر آنها بر pH نمونه باشد (Oehmigen et al., 2010).

از آنجاکه این پژوهش توسط دانشجوی تحصیلات تکمیلی رشته مکانیک بیوسیستم- فناوری پس از برداشت انجام شده است، شرایط بررسی میکروبی در نظر گرفته نشد و تنها تا زمانی که چروکیدگی شدید پوست و افت وزن (به نشانه پیری) و یا آغاز کپک زدن در نمونه‌ها مشاهده شد، انبارداری ادامه یافت. هدف مقایسه زمان انبارداری در مقایسه با تیمار حاوی قارچ‌کش و بررسی حذف قارچ‌کش برای نگهداری مرکبات بود.

نتایج و بحث

جدول ۱ و ۲ به ترتیب نتایج تحلیل آماری تیمارها و مدت زمان انبارداری میوه پرتقال را نشان می‌دهند. طبق این دو جدول، اثر تیمارهای موردبررسی و همچنین مدت زمان انبارداری میوه‌ها، در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. بعد از بررسی اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه نیز مشخص شد که اثر متقابل فاکتورها بر تمامی پاسخ‌های مورد مطالعه به جز وزن معنی‌دار بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارها و انبارداری بر ویژگی‌های کیفی آب پرتقال

میانگین مربعات							
Mean of Squares							
منابع تغییرات S.O.V	df	pH	TSS (%)	TA (ml/100g)	Ascorbic acid (mg/100ml)	TSS/TA	تغییرات رنگ آب پرتقال Orange Juice color changes
محلول‌ها	3	0.024*	1.109*	0.038*	0.680*	1.425*	469.605*
Solutions							
زمان انبارداری	4	0.131*	8.724*	0.312*	5.072*	40.045*	728.671*
Storage time							
محلول × زمان انبارداری	12	0.049*	0.320*	0.010*	0.249*	0.889*	32.914*
Solution*Storage time							
خطا	40	0.001	0.015	0.000	0.033	0.028	0.160
Error							
F		32.46	2.77	3.481	2.177	3.149	4.464
p-Value		0.000	0.004	0.001	0.020	0.001	0.000

* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و غیر معنی‌دار

* and ns are significant at the 5% level and not significant, respectively.

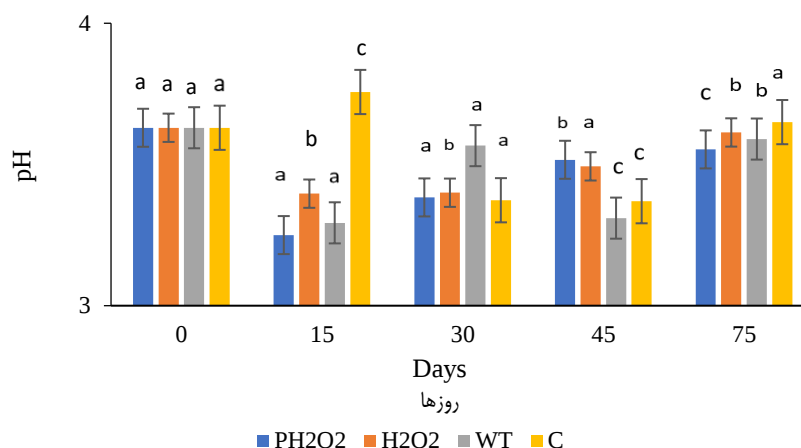
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمار و زمان انبارمانی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پرتقال

Table 2- Variance analysis of the effect of treatments and storage period on quality characteristics of the orange

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares		
		ماکزیمم فشار-سفتی (g) Maximum pressure-hardness	درصد کاهش وزن Weight loss percent	تغییرات رنگ پرتقال Orange color changes
محلول‌ها Solutions	3	51927.227*	0.986*	9.101*
زمان انبارمانی Storage time	4	24616.849*	36.181*	114.182*
محلول × زمان انبارمانی Solution*Storage time	12	222293.501*	0.118 ^{ns}	2.603*
خطا Error	40	391.846	0.072	0.698
F		1.077	3.025	2.346
p-Value		0.424	0.002	0.013

*ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و غیر معنی‌دار

* and ns are significant at the 5% level and not significant, respectively.



شکل ۲- تغییرات pH آب‌میوه پرتقال تحت اثر تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

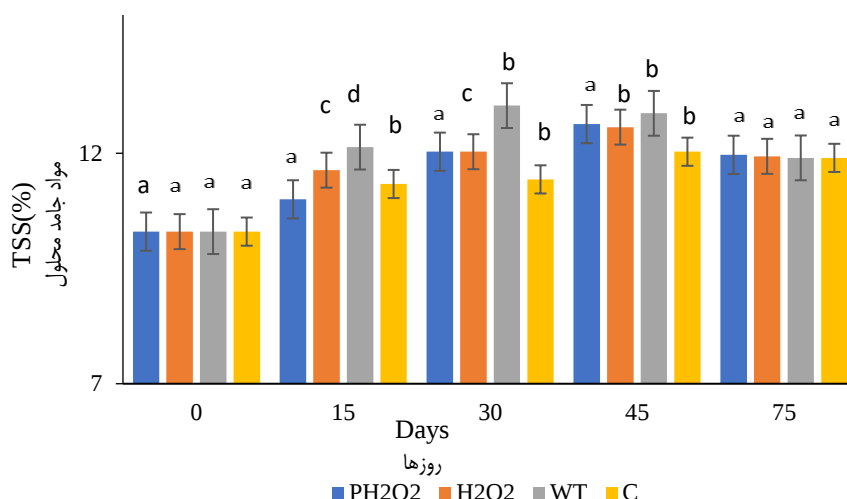
ستون‌های عمودی: میزان pH نمونه‌ها در آن روز _ حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ ».

Fig. 2. Comparison of the average pH of fruit juice for different treatments in each storage period

Vertical columns: pH values of the samples on that day - different letters on each day indicate a significant difference between the data ($p < 0.05$).

انبارمانی فعالیت داشته باشند، میزان مواد جامد محلول در آب‌میوه افزایش می‌یابد. شکل ۳ نشان می‌دهد مقدار مواد جامد محلول تمامی تیمارها تا روز ۴۵ ام افزایش و سپس تا روز ۷۵ ام به مقدار کمی کاهش نشان داد. بیشترین تغییرات مواد جامد محلول مربوط به نمونه‌های تیمار شده با ترکیب قارچ‌کش - آب‌گرم در پایان روز ۴۵ ام بوده و تغییر معنی‌داری در نمونه‌های چهار تیمار در پایان ۷۵ روز مشاهده نشد.

در این رابطه، علی و همکاران (Ali, Cheng, & Sun, 2021) در تحقیقی نشان دادند که پلاسمای DBD باعث کاهش pH آب‌گوجه فرنگی شد. آنها دلیل این اتفاق را حل شدن رادیکال هیدروکسیل تولید شده در اثر پلاسمای سرد اعلام کردند (Ali et al., 2021). همچنین تابش مستقیم پلاسمای سرد بر آب سیب نیز موجب کاهش pH در نمونه شد (Illera et al., 2019). زمانی که آنزیم‌های هیدرولیتیک طی



شکل ۳- مقایسه میانگین مواد جامد محلول (TSS) آبمیوه برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: میزان TSS نمونه‌ها در آن روز - حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ ».

Fig. 3. Comparison of the average soluble solids TSS of fruit juice for different treatments in each storage period

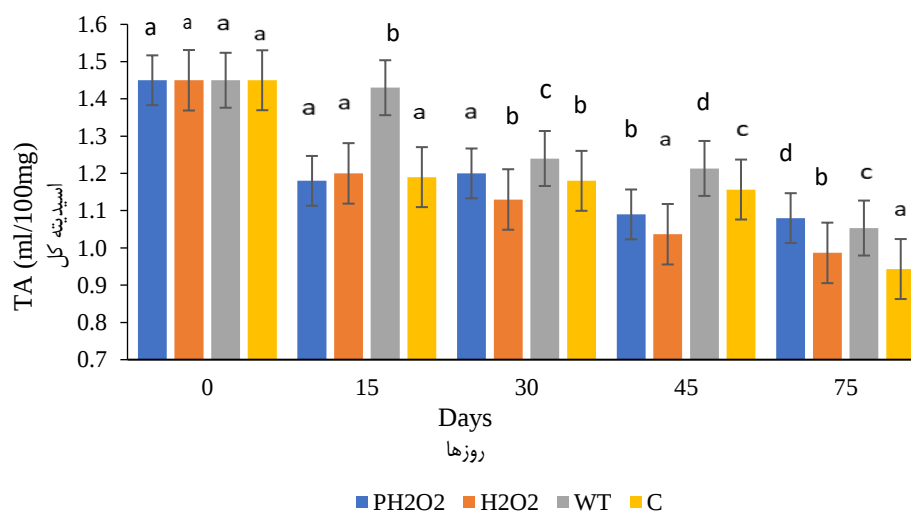
Vertical columns: TSS values of the samples on that day - different letters on each day indicate a significant difference between the data $p < 0.05$.

ریپسردا و همکاران (Rapisarda et al., 2008) گزارش دادند به‌دلیل استفاده از اسیدهای آلی برای تولید انرژی و تخمیر الکلی، میزان اسیدسیتریک در میوه کاهش می‌یابد. زیرا به‌مرور و طی انبارمانی، پیری، باعث مصرف اسیدها در چرخه کربس^۲ و تنفسی میوه می‌شود (Rapisarda et al., 2008). استفاده از پلاسما می‌تواند باعث کاهش روند پیری و تنفس میوه شده و در نتیجه کمترین تغییرات اسیدیته طی انبارداری مشاهده شد.

در این تحقیق تأثیر تیمار و زمان انبارمانی در سطح احتمال ۵٪ بر روی TSS/TA معنی‌دار بود. نسبت میزان TSS/TA در نمونه‌های شاهد، قارچ‌کش- آب‌گرم و پراکسید تا پایان ۷۵ روز میزان آن افزایش داشت. اما در نمونه‌هایی که با پلاسما- پراکسید هیدروژن تیمار شده بودند، تا روز ۴۵ام روند صعودی داشته و بعد از آن مقداری کاهش یافت (شکل ۵). این نسبت در تمامی نمونه‌ها با افزایش انبارمانی افزایش یافت. تغییرات نسبت قند به اسید طی انبارداری، در نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن- پلاسما حدود ۵۷٪، پراکسید هیدروژن حدود ۷۱٪، قارچ‌کش ۶۴٪ و برای نمونه‌های شاهد حدود ۸۵٪ بود. به‌دلیل حفظ میزان اسیدیته در نتیجه کاهش تنفس و پیری، تغییرات قند به اسید نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن- پلاسما، نسبت به سایر تیمارها کمتر بود.

تشکیل قندها از اسیدهای آلی، باعث افزایش قند در آب‌میوه مرکبات می‌شود. آنزیم‌های گلیکولیتیک^۱ می‌توانند طی انبارداری باعث تغییر میزان قند شوند. نتایج این تحقیق مشابه پژوهش ریپسردا و همکاران (Rapisarda, Bianco, Pannuzzo, & Timpanaro, 2008) بود. آنها محتوا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنج رقم پرتقال طی انبارداری سرد را طی ۴۰ روز پایش کردند. همچنین گزارش دادند میزان مواد جامد محلول پرتقال والنسیا بعد از ۴۰ روز انبارداری افزایش و سپس کاهش یافت (Rapisarda et al., 2008).

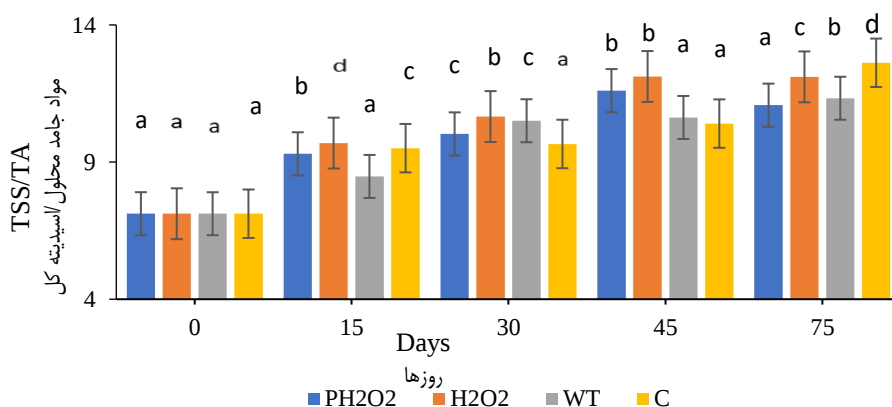
در بین اسیدهایی که در پرتقال یافت می‌شوند (اسیدسیتریک، مالیک، بنزوئیک، تارتاریک و اگزالیک)، اسیدسیتریک اسید غالب بوده و در این مطالعه نیز بررسی شد (Violeta, Trandafir, & Ionica, 2010). همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، مقدار اسید غالب نمونه‌ها طی انبارمانی کاهش داشته است. در مقدار اسیدیته روز ۱۵ام انبارمانی تفاوت معنی‌داری میان میزان اسیدیته تیمارهای پلاسما- پراکسید هیدروژن، پراکسید هیدروژن و نمونه‌های شاهد وجود نداشت، اما میزان اسیدیته تیمار قارچ‌کش- آب‌گرم به‌طور معنی‌داری بیشتر از سه تیمار دیگر بود. روند نزولی میزان اسیدیته در تیمارها تا روز ۷۵ام انبارمانی ادامه داشت. به‌طوری‌که در پایان نگهداری، کمترین اسیدیته مربوط به نمونه‌های شاهد و بیشترین آن مربوط به نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن- پلاسما بود.



شکل ۴- مقایسه اسیدیته کل TA (ml/100mg) آب میوه برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: میزان TA (ml/100mg) نمونه‌ها در آن روز _ حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ ».

Fig. 4. Comparison of total acidity ml/100mg TA of fruit juice for different treatments in each storage period
Vertical columns: TA levels ml/100mg f samples on that day. Different letters on each day indicate a significant difference between the data $p < 0.05$.



شکل ۵- مقایسه میانگین اندیس رسیدگی (نسبت TSS به TA) برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: نمونه‌ها در آن روز _ حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ ».

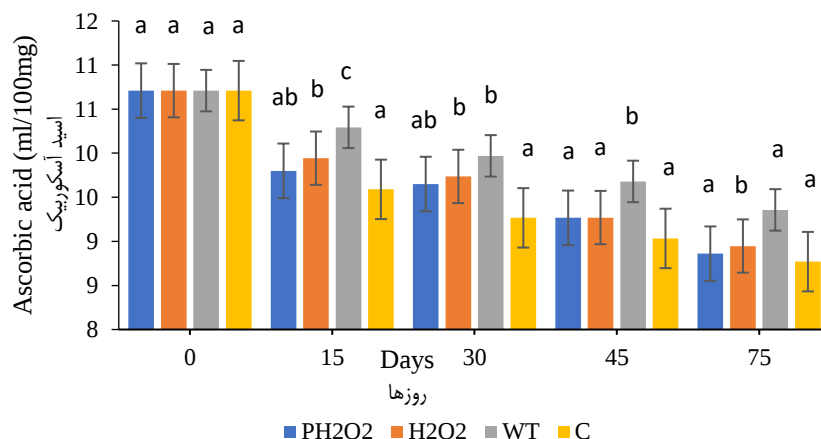
Fig. 5. Comparison of the average processing index TSS/TA for different treatments in each storage period
Vertical columns: TSS/TA levels of samples on that day - different letters on each day indicate a significant difference between the data $p < 0.05$.

برای نمونه‌های پراکسید هیدروژن-پلاسما ۱۷٪، پراکسید هیدروژن ۱۶٪، قارچ کش ۱۳٪ و برای نمونه‌های شاهد ۱۸٪ بود. ویتامین ث ترکیبی ناپایدار است که طی انبارمانی بسته به شرایط نگهداری کاهش می‌یابد (Klimczak, Małecka, Szlachta, & Gliszczyńska-Świątło, 2007). در این تحقیق، بیشترین کاهش مربوط به نمونه شاهد و کمترین کاهش مربوط به نمونه قارچ کش بود. این بدین معناست که تیمار قارچ کش موجب حفظ بیشتر ویتامین ث در آب‌پرتقال خونی شده و پس از آن تیمارهای پراکسید هیدروژن و

مطابق شکل ۶، مقدار آسکوربیک اسید (ویتامین ث) در نمونه‌های هر چهار تیمار روند نزولی داشته و در طول نگهداری کاهش یافتند. طی ۱۵ روز انبارمانی، میزان ویتامین ث در نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بیشترین درصد کاهش در شاهد (۱۰/۵٪) و سپس در نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن-پلاسما (۸/۵٪) و پراکسید هیدروژن (۷٪) رخ داد و از روز ۱۵ به بعد درصد کاهش این دو نمونه کمتر شد. لیکن نمونه قارچ کش کمترین درصد کاهش (۳/۵٪) را طی ۱۵ روز دارا بود. تغییرات آسکوربیک اسید طی ۷۵ روز نگهداری

همچنین نتایج این مطالعه با نتایج ریپسردا و همکاران (Rapisarda et al., 2008) مبنی بر کاهش غلظت ویتامین ث سه واریته‌ی پرتقال خونی نگهداری شده طی ۶۵ روز سازگار است.

پراکسید هیدروژن-پلاسما بهترین عملکرد را داشتند. مطابق پژوهش دانگ و یانگ (Dong & Yang, 2019) میزان ویتامین ث موجود در دغال‌اخته تیمار شده با پلاسما سرد طی انبارمانی کاهش یافت.



شکل ۶- مقایسه میانگین ویتامین ث (mg/100ml) آب میوه برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: میزان ویتامین ث نمونه‌ها در آن روز _ حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ »

Fig. 6. Comparison of average vitamin C mg/100ml f fruit juice for different treatments in each storage period
Vertical columns: Vitamin C levels of the samples on that day. Different letters on each day indicate a significant difference between the data $p < 0.05$.

تیمارهای قارچ‌کش- آب گرم و پراکسید هیدروژن در روز ۷۵ ام معنی‌دار نبود.

پایش میزان وزن از دست رفته میوه یکی از شاخصه‌های مهم کیفیت آن است که تابع تنفس و تعرق و نیز اتلاف آب در آن است. **جدول ۴** میزان وزن نمونه‌ها طی انبارداری را نشان می‌دهد. طبق این جدول، وزن طی انبارداری در تمامی تیمارها کاهش یافت اما تغییر وزن نمونه‌ها در ۱۵، ۴۵ و ۷۵ روز از زمان انبارمانی در نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن-پلاسما، شاهد و قارچ‌کش-آب گرم تقریباً مشابه بوده و تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها وجود نداشت.

رنگ اولین پارامتر کیفی است که توسط مصرف‌کننده ارزیابی می‌شود و در پذیرش محصول نقش اساسی دارد. مطابق نتایج این پژوهش در طول انبارمانی، بیشترین تغییرات رنگ در نمونه‌های تیمار شده با پراکسید هیدروژن-پلاسما و کمترین تغییرات در نمونه‌های قارچ‌کش-آب گرم مشاهده شد (**جدول ۳**). میزان تغییرات در زمان‌های مختلف انبارمانی برای نمونه شاهد ۳۲۰٪، قارچ‌کش ۳۲٪، پراکسید هیدروژن ۱۹۰٪ و پراکسید هیدروژن-پلاسما ۷۵٪ است. کمترین تغییرات را تیمار قارچ‌کش و بعد از آن پراکسید هیدروژن-پلاسما به خود اختصاص داد.

باتوجه به **شکل ۷**، کمترین میزان L در پایان نگهداری مربوط به نمونه‌های قارچ‌کش- آب گرم بود. تفاوت میزان این شاخص در بین

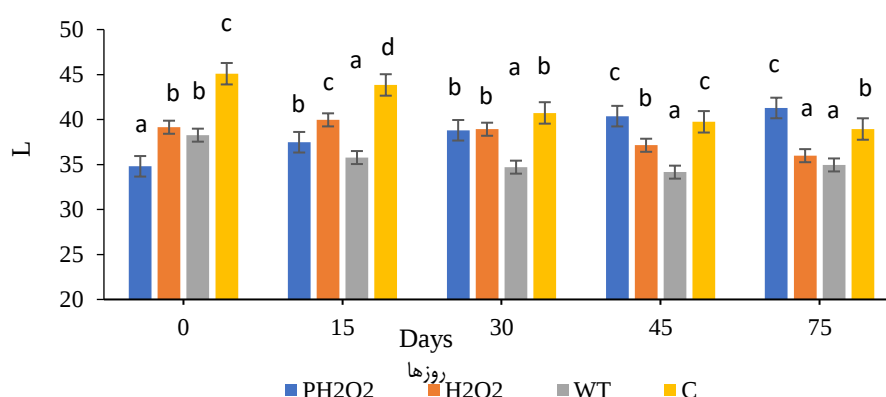
جدول ۳- مقایسه میانگین تغییرات رنگ کل میوه پرتقال برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

Table 3- Comparison of average color changes of orange fruit for different treatments in each storage period

زمان انبارمانی Storage time Day	PH ₂ O ₂	H ₂ O ₂	WT	C
0	0	0	0	0
15	5.207 ^b	2.616 ^a	4.752 ^b	2.0123 ^a
30	6.890 ^a	4.906 ^a	5.231 ^a	5.601 ^a
45	8.208 ^b	5.368 ^a	5.721 ^a	7.171 ^b
75	9.149 ^c	7.782 ^b	6.238 ^a	8.464 ^{bc}

حروف مشترک در هر ردیف به معنای عدم تفاوت معنادار بین تیمارها است.

Common letters in each row mean no significant difference between treatments.



شکل ۷- مقایسه میانگین تغییرات شاخص L (میزان روشنایی) میوه پرتقال برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: تغییرات شاخص L نمونه‌ها در آن روز _ حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ ».

Fig. 7. Comparison of the average changes in the L index luminosity of the whole orange fruit for different treatments in each storage period

Vertical columns: Changes in the L index of the samples on that day. Different letters on each day indicate a significant difference between the data $p < 0.05$.

کاهش وزن نمونه‌ها در این پژوهش با پژوهش‌های دیگر روی توت‌فرنگی (Shirani Rad, Sayyari, & Zolfigol, 2024) و آلو (Shokrollahfaham, Hajilou, Zare, Tabatabaei, & Naghshbandhasani, 2012) مطابقت داشت.

بیشترین کاهش وزن مربوط به نمونه‌های قارچ‌کش-آب گرم و پس از آن نمونه‌های شاهد بود (جدول ۴). طی افزایش انبارمانی و تنفس و تعرق میوه، به دلیل عدم تعادل فشار بخار آب در فضای بین سلولی بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده میوه از یک سو و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن طی زمان امری طبیعی است. روند

جدول ۴- مقایسه میانگین درصد کاهش وزن برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

Table 4- Comparison of average weight reduction for different treatments in each storage period

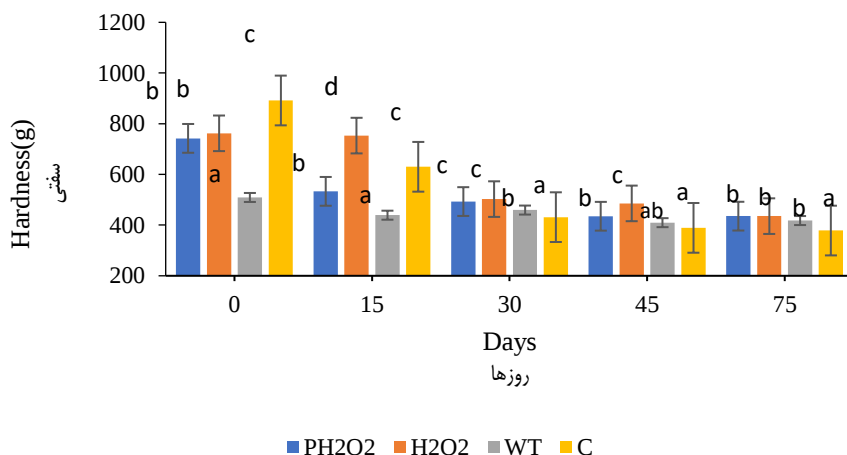
زمان انبارمانی Storage time Day	PH ₂ O ₂	H ₂ O ₂	WT	C
0	0	0	0	0
15	0.929 ^a	0.707 ^a	0.977 ^a	1.208 ^a
30	1.793 ^{ab}	1.565 ^a	1.968 ^{ab}	2.113 ^b
45	2.776 ^b	2.234 ^a	2.977 ^b	3.099 ^b
75	4.672 ^a	4.163 ^a	4.828 ^a	4.791 ^a

حروف مشترک در هر ردیف به معنای عدم تفاوت معنادار بین تیمارها است.

Common letters in each row mean no significant difference between treatments

مطابق شکل ۸، نمونه‌ها پس از اعمال تیمار قارچ‌کش-آب گرم به طور معنی‌داری سفتی خود را از دست دادند و نمونه‌های شاهد در شروع انبارمانی (روز صفر) از سفتی بیشتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. در میان نمونه‌های تیمار شده، تیمار پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن-پلازما از نظر سفتی در شروع انبارمانی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، اما سفتی تیمار قارچ‌کش-آب گرم بطور معنی‌داری کاهش یافت که این می‌تواند به سبب بالا رفتن دمای سطحی پرتقال بواسطه آب گرم باشد. با گذشت زمان انبارمانی، سفتی نمونه‌های هر چهار تیمار کاهش یافت.

نگهداری طولانی‌مدت باعث افزایش فشار داخل سلولی و شروع تخریب می‌شود. در این فرآیند آب موجود در ساختار سلولی میوه که به صورت ضعیف با مولکول‌های دیگر پیوند دارد (آب تک‌مولکولی)، جدا و تبخیر شده و منجر به کاهش وزن می‌شود (Güler, Bostan, & Çon, 2017). تیمار با پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن-پلازما در مقایسه با بقیه تأثیر بیشتری بر جلوگیری از کاهش وزن نمونه‌ها داشتند. این می‌تواند بواسطه اثر پلازما باشد و این نتیجه با یافته هلالی و همکاران (Helali, Shahidi, Lavasani, & Habibiyani, 2023) مطابقت دارد.



شکل ۸- مقایسه میانگین سفتی (g) بر روی پرتقال برای تیمارهای مختلف در هر دوره انبارمانی

ستون‌های عمودی: میزان سفتی (g) نمونه‌ها در آن روز - حروف متفاوت در هر روز نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها است « $p < 0.05$ »

Fig. 8. Comparison of average firmness g on oranges for different treatments in each storage period

Vertical columns: stiffness g of the samples on that day. Different letters on each day indicate a significant difference between the data» $p < 0.05$.

باتوجه به اثرات سوء مواد قارچ‌کش بر روی محیط‌زیست و سلامتی انسان، بالابودن هزینه استفاده از قارچ‌کش نسبت به پلاسما سرد و پراکسید هیدروژن و همچنین تأثیر مثبت تیمار پراکسید هیدروژن-پلاسما بر برخی صفات کیفی آب‌پرتقال، استفاده از فناوری پراکسید هیدروژن تحت تابش پلاسما سرد به‌عنوان روشی جایگزین برای تیمار قارچ‌کش پیشنهاد می‌شود. از طرفی ترکیب پراکسید هیدروژن و پلاسما موجب هم‌افزایی خواص ضدعفونی این ماده می‌شود که در نتیجه این امر می‌توان از استفاده محلول‌هایی با غلظت بالای پراکسید هیدروژن در هنگام شستشوی میوه‌ها و سبزی‌ها به‌منظور حفظ خواص پس از برداشت آنها در مقیاس صنعتی اجتناب کرد.

میزان مشارکت نویسندگان

سیده فاطمه حسینی: مفهوم‌سازی، مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، تأمین مالی، تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، منابع، اعتبارسنجی، تجسم، نوشتن، پیش‌نویس اصلی. **سید جعفر هاشمی:** مفهوم‌سازی، مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، تأمین مالی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، نظارت، اعتبارسنجی، تجسم، نوشتن، بررسی و ویرایش. **آزاده رنجبر ندامانی:** مفهوم‌سازی، مدیریت داده‌ها، تحلیل رسمی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، نرم‌افزار، نظارت، اعتبارسنجی، تجسم، بررسی و ویرایش. **فرشاد صحبت زاده:** مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، نظارت، اعتبارسنجی، تجسم.

تیمار پراکسید هیدروژن و پراکسید هیدروژن - پلاسما تا روز ۳۰ ام انبارمانی تیمارهای مناسب‌تری برای حفظ سفتی نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد و قارچ‌کش بودند. دلیل این اتفاق می‌تواند وجود آلودگی بیشتر نمونه‌های شاهد به کپک سبز باشد. زیرا سیستم توسعه‌ی کپک سبز به گونه‌ای است که سبب انحلال مواد پکتیکی^۱ داخل میوه شده و نیروی شکست را کاهش می‌دهد (Sadmia, Yampi, & Aghkhani, 2015).

در پایان انبارمانی اختلاف معنی‌داری میان میزان سفتی تیمارها وجود نداشت و اعمال تیمارها توانست اثر خوبی در سفتی و در نتیجه سلامت بافت نمونه‌ها نسبت به شاهد داشته باشد. گونزالس و همکاران (Queb-González et al., 2020) اثر زمان ماندگاری را بر نرم شدن میوه گزارش نمودند. آن‌ها اثرات عملیات حرارتی پس از برداشت (به کمک مایکروویو) را بر روی نارنگی‌های تلقیح شده با قارچ پنیسیلیوم ارزیابی کردند و گزارش دادند که تیمارهای شاهد و مایکروویو با توان اسمی ۸۰ و ۱۰۰ درصد موجب کاهش سفتی نارنگی‌های ماندارین پس از ۱۳ روز شدند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تأثیر به‌کارگیری تکنولوژی پلاسما در محلول پراکسید هیدروژن و مقایسه آن با قارچ‌کش - آب‌گرم بر برخی خواص فیزیکوشیمیایی پرتقال خونی موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد

منابع تأمین مالی

این تحقیق در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری حمایت مالی گردید.

References

1. Ali, M., Cheng, J.-H., & Sun, D.-W. (2021). Effects of dielectric barrier discharge cold plasma treatments on degradation of anilazine fungicide and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 69-75. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14600/v1/review5>
2. Amirabadi, S., Milani, J.M., & Sohbatazadeh, F. (2020). Application of dielectric barrier discharge plasma to hydrophobically modification of gum arabic with enhanced surface properties. *Food Hydrocolloids*, 104, 105724. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105724>
3. Baran Zehi, T., Gholam Nezhad, J., Dehestani, M., Jafari, A., & Naseri Nasab, F. (2019). The evolution of activity and gene expression of some antioxidant enzymes and qualitative characters of orange fruits under cover treatments. *Cell and Tissue Journal*, 10(4), 226-242. <https://doi.org/10.52547/JCT.10.4.226>
4. Barzanoni, A., Aghkhani, M., Moskouki, A., & Abbaspourfard, M. (2014). The effect of heat pretreatment and plant essential oils on the post-harvest properties of blood oranges. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, 1392(4), 423-418. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.30589>
5. Barzanouni, E., Sadmnia, H., Sohbatazadeh, F., & Khodavaisy, S. (2024). Synergistic effect of atmospheric pressure cold plasma and hydrogen peroxide as an efficient approach for the control of citrus postharvest green mold. *Journal of Agricultural Machinery*, 14(4), 355-366. <https://doi.org/10.22067/jam.2023.82325.1165>
6. Dong, X.Y., & Yang, Y.L. (2019). A novel approach to enhance blueberry quality during storage using cold plasma at atmospheric air pressure. *Food and Bioprocess Technology*, 12(8), 1409-1421. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02305-y>
7. Faghih nasiri, M., Omidbaigi, R., Fakhr Tabatabaie, S.M., Arzani, K., & Zare, R. (2019). Comparison of the effect of physical and chemical treatments on decay control, qualitative characteristics and some flavonoids of Thomson-navel orange fruits in cold storage. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 16(86), 133-147.
8. FAO. (2021). *Citrus Fruit Fresh and Processed: Statistical Bulletin 2020*. FAO. <https://coillink.org/20.500.12592/bsg3dv>
9. Fattahi, J., Hashempour, A., Hamidoghli, Y., & Fotouhi, R. (2018). The effect of heat treatment on bioactive compounds and antioxidant capacity of fruits pulp and peel of two blood orange varieties ('Sanguinello' and 'Moro') during storage. *Food Research Journal*, 28(4), 129-141.
10. Fridman, G., Friedman, G., Gutsol, A., Shekhter, A. B., Vasilets, V.N., & Fridman, A. (2008). Applied plasma medicine. *Plasma Processes and Polymers*, 5(6), 503-533. <https://doi.org/10.1002/ppap.200700154>
11. Güler, S.K., Bostan, S.Z., & Çon, A.H. (2017). Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biology and Technology*, 123, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.007>
12. Helali, N., Shahidi, S.A., Lavasani, A.S., & Habibiyan, M. (2023). Evaluation of the effect of cold plasma on the shelf life of sour lemon. *Journal of Applied Microbiology in food industry*, 9(1), 74-85. <https://www.magiran.com/paper/2601670>
13. Hosseini, C., Asghari, M.R., & Khezri, M. (2023). Increasing antioxidant compounds and maintaining the appearance quality of cherry fruit after harvest under the influence of marjoram essential oil. *Journal of Horticultural Science*, 37(1), 151-166. <https://doi.org/10.22067/jhs.2022.73954.1114>
14. Illera, A., Chaple, S., Sanz, M., Ng, S., Lu, P., Jones, J., Carey, E., & Bourke, P. (2019). Effect of cold plasma on polyphenol oxidase inactivation in cloudy apple juice and on the quality parameters of the juice during storage. *Food Chemistry: X*, 3, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100049>
15. Ismail, M., & Zhang, J. (2004). Post-harvest citrus diseases and their control. *Outlooks on Pest Management*, 15(1), 29. <http://doi.org/10.1564/15feb12>
16. Karami, M., Rahemi, M., Yassaie, M., & Karami, A. (2023). Effects of hydrogen peroxide on decreasing microbial contaminations in raisins of Bavanat region. *Journal of Horticultural Science*, 37(1), 63-73. <https://doi.org/10.22067/jhs.2022.71532.1074>
17. Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., & Gliszczynska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 313-322. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.02.012>
18. Lin, C.-M., Moon, S.S., Doyle, M.P., & Mcwatters, K.H. (2002). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* serotype *Enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic

- acid and by hydrogen peroxide with mild heat. *Journal of Food Protection*, 65(8), 1215-1220. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-65.8.1215>
19. Ma, R., Wang, G., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J., & Fang, J. (2015). Non-thermal plasma-activated water inactivation of food-borne pathogen on fresh produce. *Journal of Hazardous Materials*, 300, 643-651. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.07.061>
 20. Maktabi, S., Zarei, M., & Rashnavady, R. (2018). Effect of sequential treatments with sodium dodecyl sulfate and citric acid or hydrogen peroxide on the reduction of some foodborne pathogens on eggshell. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 19(2), 113.
 21. Nikkhah, S., & Moghadam, E.G. (2005). Effect of plant oils on reducing decay and extending storage life in—Golden delicious—and—Red delicious—apples. *Frutic*, 5(12), 61-67.
 22. Obagwu, J., & Korsten, L. (2003). Integrated control of citrus green and blue molds using *Bacillus subtilis* in combination with sodium bicarbonate or hot water. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 187-194. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00145-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00145-X)
 23. Oehmigen, K., Hähnel, M., Brandenburg, R., Wilke, C., Weltmann, K.D., & Von Woedtke, T. (2010). The role of acidification for antimicrobial activity of atmospheric pressure plasma in liquids. *Plasma Processes and Polymers*, 7(3-4), 250-257. <https://doi.org/10.1002/ppap.200900077>
 24. Parish, M., Beuchat, L., Suslow, T., Harris, L., Garrett, E., Farber, J., & Busta, F. (2003). Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 161-173. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00033.x>
 25. Queb-González, D.B., Lopez-Malo, A., Sosa-Morales, M.E., & Villa-Rojas, R. (2020). Postharvest heat treatments to inhibit *Penicillium digitatum* growth and maintain quality of Mandarin (*Citrus reticulata* blanco). *Heliyon*, 6(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03166>
 26. Rapisarda, P., Bianco, M.L., Pannuzzo, P., & Timpanaro, N. (2008). Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3), 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.02.002>
 27. Rostgar, S., & Tahmasabi, S. (2018). Using the essence of rose, Morkhush and Salvia in preventing the growth of *Botrytis siner* fungus in two varieties of strawberry fruit. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 10(3), 85_96.
 28. Sadrnia, H., Yampi, E., & Aghkhani, M. (2015). Control of postharvest green mold using sodium bicarbonate in Jaffa and blood orange varieties. <https://doi.org/10.22059/jhs.2015.55868>
 29. Shakerinasab, E., & Mohsenpour, T. (2021). Comparison of the effect of dielectric barrier discharge plasma in surface and volume mode of treatment on physical and chemical properties of saffron. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 18(120), 13-25. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.120.2>
 30. Shirani Rad, S., Sayyari, M., & Zolfigol, M.A. (2024). The effect of coating with pomegranate peel and tomato seedlings extracts on the phytochemical traits and maintaining the quality of strawberry fruits cv. Paros during cold storage. *Journal Of Horticultural Science*, 37(4), 1115-1134. <https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81683.1249>
 31. Shokrollahfam, S., Hajilou, J., Zare, F., Tabatabaei, S., & Naghshibandhasani, R. (2012). Effects of calcium chloride and salicylic acid on quality traits and storage life of plum cultivar. *Journal of Food Research*, 22(1), 75-76.
 32. Taghipour, A., Katabchi, M., & Shorzei, S. (2012). Comparison of the treatment effect of antagonistic bacteria isolated from the surface of Mexican lime fruit, hot water and thiabendazole fungicide in controlling green mold disease of lime fruit (*Penicillium digitatum*). *Quarterly Journal of Physiology and Technology after Harvest of Garden Products*, 1(1), 87-79.
 33. Tarabová, B., Tampieri, F., Maran, E., Marotta, E., Ostrihoňová, A., Krewing, M., & Machala, Z. (2021). Chemical and antimicrobial effects of air non-thermal plasma processing of fresh apple juice with focus on safety aspects. *Foods*, 10(9), 2055. <https://doi.org/10.3390/foods10092055>
 34. Violeta, N., Trandafir, I., & Ionica, M.E. (2010). HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- napoca*, 38(1), 44-48. <https://doi.org/10.15835/nbha.43.2.10081>