



Research Paper

Investigation the Effect of Pullulan Gum Coating and Rosemary Essential Oil on Physicochemical, Microbial and Organoleptic Properties of Tomato

Sara Hasani, Toktam Mostaghim*

Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 17/01/2025, Accepted: 13/02/2025

Abstract

Edible coatings are thin layers that create a barrier against the transfer of moisture, oxygen, and dissolved substances in food and can be eaten by the consumer. These coatings, by increasing the shelf life, help maintain the quality and quantity of the product between harvest and consumption. The aim of this study was to investigate the use of edible coatings of pullulan gum and rosemary essential oil on the physicochemical, microbial, and organoleptic quality of tomatoes. For this study, 10 treatments were prepared with different percentages of essential oil and stored at two temperatures, ambient and 4°C for 16 days. Physicochemical (pH, titratable acidity, weight loss, texture, and color), microbial (aerobic bacteria, mold, and yeast) and sensory (taste, odor, color, texture, and overall acceptability) tests were performed during these days, in 5 times, with 4-day intervals. The results of the physicochemical evaluation showed that the pH and acidity of tomato samples were independent of the coating and essence used on the surface of the samples and were related to the physiological conditions of the product. In terms of weight loss, there was a significant difference between the coated and uncoated treatments ($p < 0.05$), and the best treatment in terms of weight loss was treatment number 7. Colorimetric tests also showed that there was no statistically significant difference in the parameters L, b, a, and finally $E\Delta$ among the treatments ($p < 0.05$). In terms of texture, treatment number 10 was the best treatment. The results of microbial analyses also showed that in coated samples with a higher percentage of essential oil, the growth of total bacteria, as well as mold and yeast, was statistically significantly reduced ($p < 0.05$). Finally, according to the analysis of the results of physicochemical, microbial and sensory tests, treatment number 10, which was a coated sample containing 0.5% rosemary essential oil, was able to have the highest suitability during 16 days of storage and was introduced as the superior treatment. In general, the results of this study showed that the use of pullulan gum coating and rosemary essential oil as edible coatings can increase the shelf life of tomatoes.

Keywords: Edible coating, Pullulan gum, Rosemary essential oil, Tomato

Citation: Hasani S, Mostaghim T, Investigation the effect of pullulan gum coating and rosemary essential oil on physicochemical, microbial and organoleptic properties of tomato, *Quality and Durability of Agricultural Products and Food Staffs*, 2025; 4(3): 83-101.



© The Author(s) **Publisher:** Islamic Azad University of Kerman, Iran

DOI: <https://doi.org/10.71516/qafj.2025.1196742>

*Corresponding author: Toktam Mostaghim, **Email:** toktammmostaghim@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

The preservation of agricultural products, particularly fruits, is a major concern in food science, especially for highly perishable items such as tomatoes. Traditional preservation methods often involve chemical treatments or refrigeration, but these can have drawbacks related to food safety, nutritional value, and environmental sustainability. Edible coatings have emerged as an effective and eco-friendly alternative. These coatings can extend the shelf life of fruits by acting as barriers against moisture and oxygen, thus slowing down spoilage and maintaining product quality. This study investigates the use of pullulan gum and rosemary essential oil as edible coatings for tomatoes, evaluating their effects on the physicochemical, microbial, and organoleptic properties during storage at different temperatures.

Methods

In this study, ten different treatments were prepared using varying concentrations of rosemary essential oil (0.1%, 0.2%, and 0.5%) combined with pullulan gum as the coating base. Tomatoes were coated with these formulations and stored under two temperature conditions: ambient temperature (25°C) and refrigerated at 4°C, for a period of 16 days. The tomatoes were evaluated using a range of tests at 4-day intervals to assess their physicochemical properties, including pH, titratable acidity, weight loss, texture, and color. Microbial analyses were performed to measure the growth of aerobic bacteria, molds, and yeasts. Sensory evaluations were conducted using a 9-point hedonic scale, with trained panelists assessing the taste, odor, color, texture, and overall acceptability of the tomatoes.

Results and Discussion

The physicochemical tests revealed that the pH and titratable acidity of the tomatoes were independent of the coating treatments, with variations primarily due to the physiological conditions of the tomatoes. However, significant differences in weight loss were observed between the coated and uncoated tomatoes, with coated samples showing less weight loss. The best performance in terms of weight loss was observed in treatment number 7, which had a particular combination of coating and rosemary oil concentration. Colorimetric tests showed no significant differences in the color parameters (L, a, b, and ΔE) between the various treatments, indicating that the coatings did not noticeably affect the visual appearance of the tomatoes. In terms of texture, treatment number 10, which involved the highest concentration of rosemary essential oil (0.5%) and refrigeration at 4°C, showed the best results in maintaining the firmness of the tomatoes. Microbial analyses indicated that the coatings, particularly those with higher concentrations of rosemary oil, significantly reduced the growth of total bacteria, molds, and yeasts. This reduction was most noticeable in the 0.5% rosemary oil treatments, particularly under refrigerated storage conditions. Sensory evaluations revealed that the coated tomatoes, especially those treated with 0.5% rosemary essential oil, maintained higher acceptability scores compared to uncoated samples. While all treatments showed a decline in acceptability over time, the decrease was less pronounced in the coated samples, with the highest sensory quality found in treatment number 10. The results of this study demonstrate that the combination of pullulan gum and rosemary essential oil is highly effective in enhancing the shelf life of tomatoes. The use of rosemary essential oil not only helps in preserving the texture and color of the tomatoes but also significantly reduces microbial growth, which is crucial for maintaining food

safety. The reduction in weight loss and the maintenance of texture suggests that the coating acts as an effective barrier against moisture loss, which is a major factor in the deterioration of fresh produce. Although the color of the tomatoes did not show significant changes, the reduction in microbial growth and the preservation of texture and overall acceptability highlights the benefits of these coatings. The study also emphasizes the importance of storage temperature, with refrigerated conditions significantly improving the performance of the coatings.

Conclusion

This research confirms that edible coatings made from pullulan gum and rosemary essential oil can significantly improve the shelf life and quality of tomatoes. Treatment number 10, which involved a 0.5% concentration of rosemary essential oil and refrigeration at 4°C, was the most effective in preserving the physicochemical, microbial, and organoleptic properties of the tomatoes over the 16-day storage period. The findings suggest that the integration of natural essential oils, like rosemary, with biopolymer-based coatings offers a sustainable and efficient method for extending the shelf life of perishable fruits like tomatoes. This study provides valuable insights into the potential of edible coatings as a viable alternative to chemical preservatives, contributing to the growing demand for natural and environmentally friendly food preservation techniques.

Keywords: Edible coating, Pullulan gum, Rosemary essential oil, Tomato.

Funding: There was no external funding in this study.

Authors' contribution: All authors contributed equally to the writing and preparation of this manuscript.

Conflict of interest: The authors do not have any conflicts of interest with any commercial or other association with the article.



مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پوشش صمغ پولولان و اسانس روغنی رزماری بر خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی گوجه‌فرنگی

سارا حسنی، تکتیم مستقیم*

گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۵

چکیده

پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی هستند که سدی در مقابل انتقال رطوبت-اکسیژن و مواد حل‌شده در غذا، ایجاد می‌کنند و می‌توانند توسط مصرف‌کننده خورده شوند. این پوشش‌ها با افزایش عمر نگهداری، موجب حفظ کیفیت و کمیت محصول بین برداشت تا مصرف می‌شوند. هدف از این تحقیق، بررسی استفاده از پوشش خوراکی صمغ پولولان و اسانس روغنی رزماری بر کیفیت فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی گوجه‌فرنگی می‌باشد. برای انجام این پژوهش، ۱۰ تیمار با درصدهای مختلف اسانس تهیه و در دو دمای محیط و ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ روز نگهداری شد. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته قابل تیتر، افت وزن، بافت و رنگ) میکروبی (باکتری‌های هوازی، کپک و مخمر) و حسی (طعم و مزه، بو، رنگ، بافت و مقبولیت کلی) طی این روزها، در ۵ نوبت، با فواصل زمانی ۴ روز، انجام گرفت. نتایج ارزیابی فیزیکوشیمیایی نشان داد که pH و اسیدیته نمونه‌های گوجه‌فرنگی مستقل از پوشش و اسانس استفاده شده بر سطح نمونه‌ها بوده و مرتبط با شرایط فیزیولوژی محصول است. از نظر افت وزن، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای پوشش‌دار و تیمارهای بدون پوشش وجود داشت ($p < 0.05$) و بهترین تیمار از نظر افت وزن تیمار شماره ۷ بود. آزمون‌های رنگ سنجی نیز نشان‌دهنده این مطلب بود که در تیمارها اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در پارامترهای L, b, a و در نهایت EΔ دیده نشد ($p > 0.05$). از نظر بافت نیز، تیمار شماره ۱۰، بهترین تیمار بود. نتایج آنالیزهای میکروبی نیز نشان داد در نمونه‌های پوشش‌دار با درصد اسانس بیشتر، رشد باکتری‌های کل و نیز کپک و مخمر، از نظر آماری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$). در نهایت با توجه به آنالیز نتایج داده‌های آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی، تیمار شماره ۱۰ که نمونه پوشش‌دار دارای ۰/۵ درصد اسانس رزماری بود، توانست طی ۱۶ روز نگهداری، بیشترین مطلوبیت را داشته و به‌عنوان تیمار برتر معرفی شود. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از پوشش صمغ پولولان و اسانس روغنی رزماری به‌عنوان پوشش‌های خوراکی می‌تواند عمر نگهداری گوجه‌فرنگی را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: پوشش خوراکی، صمغ پولولان، اسانس روغنی رزماری، گوجه‌فرنگی

استناد: سارا حسنی، تکتیم مستقیم، بررسی تأثیر پوشش صمغ پولولان و اسانس روغنی رزماری بر خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی گوجه‌فرنگی، کیفیت و ماندگاری تولیدات کشاورزی و مواد غذایی، (۱۴۰۳)، دوره ۴، شماره ۳، صفحات ۸۳-۱۰۱.

DOI: <https://doi.org/10.71516/qafj.2025.1196742>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، ایران

© نویسندگان



مقدمه

استفاده از پوشش‌های خوراکی به‌عنوان یکی از روش‌های بسته‌بندی میوه‌جات و محصولات کشاورزی همچنین به‌عنوان یکی از راه‌های جلوگیری و کاهش دادن شدت تنفس در میوه‌جات و در نتیجه افزایش زمان ماند و نگهداری آن‌ها، در کنار سایر روش‌های دیگر می‌تواند مطرح باشد. تحقیقات گسترده‌ای در جهان بر روی پوشش دهی میوه‌جات نظیر گوجه‌فرنگی، پرتقال، سیب، انبه و گیلان انجام پذیرفته است و نتایج آن‌ها و دستیابی به مواد ترکیبات پوشش‌دهنده متنوعی در این رابطه بوده است (۱). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای محافظت، بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری مواد غذایی از جمله میوه و سبزی استفاده می‌شوند (۲). این پوشش‌ها نوعی بسته‌بندی محسوب می‌شوند که از مواد تجدیدپذیر سازگار با محیط‌زیست و اصطلاحاً زیست‌تخریب‌پذیر تهیه می‌شوند. دو نیروی محرکه، در توسعه‌ی مواد بسته‌بندی بر پایه‌ی زیستی قرار دارند. یک نیروی محرکه، اشتیاق فراوان برای جایگزین کردن منابع غیر تجدیدپذیر با تجدیدپذیر است. نیروی محرکه دیگر تمایل به کاهش مواد بسته‌بندی مرسوم است که به محل دفن زباله‌ها می‌روند. علاوه بر این هدف دیگری که در استفاده از بسته‌بندی‌های خوراکی دنبال می‌شود تولید مواد غذایی سالم است چرا که با بسته‌بندی‌های سنتی نمی‌توان مواد غذای کاملاً سالم داشت و محصول غذایی در طی نگهداری تحت تأثیر آلودگی‌های ثانویه قرار خواهد گرفت (۳). پولولان یک صمغ میکروبی است. صمغ‌های میکروبی در دسته‌ی پوشش‌های پلی‌ساکاریدی قرار می‌گیرند. ایلوبازیدیم پولولاریا پولولان یک کپک است که به دلیل ظرفیت تولید پلی‌ساکارید پولولان، از نظر صنعتی دارای اهمیت می‌باشد. از این زیست پلیمر می‌توان در تهیه شربت‌های غلیظ، مواد غذایی کم‌کالری و نیز در تولید چسب، به‌عنوان ماده استحکام‌دهنده استفاده کرد. برخی خواص فیزیکی این زیست پلیمر مثل استحکام و شفافیت نظیر مواد پلی استیرنی است و این زیست پلیمر به دلیل قدرت کشسانی به نسبت زیاد و شدت

بالای نفوذ اکسیژن در لایه‌های آن قابل توجه است (۴). از گروه پوشش‌های بر پایه صمغ‌های میکروبی می‌توان دکستران، اسکرو گلوکان، کاردلان و پولولان را نام برد. پوشش دکستران از کاهش رطوبت بسیاری از غذاها مانند: میگو، گوشت‌ها، میوه‌های خشک، پنیر، کره و غذاهای منجمد جلوگیری می‌کند. اسکرو گلوکان نیز کاربرد بالقوه‌ای به‌عنوان یک پوشش‌دهنده دارد. پولولان فیلم‌های پر قدرت و دارای خاصیت ارتجاعی تولید می‌نماید. فیلم‌های حاصل از کاردلان نامحلول در آب و محلول در قلیا و دارای قدرتی سه برابر فیلم‌های آمیلوز و یک‌سوم فیلم‌های سلولزی می‌باشند (۵). به علت زیست‌تخریب‌پذیر بودن پولولان یکی از مهم‌ترین کاربردهای این ماده استفاده از آن در تهیه لایه‌های محافظ مواد غذایی از جمله میوه، سبزی و مواد پخته است (۶). در سال‌های اخیر استفاده از ادویه‌ها و گیاهان به‌عنوان نگهدارنده در مواد غذایی به دلیل علاقه روزافزون به استفاده از مواد نگهدارنده‌ی طبیعی، اهمیت زیادی پیدا کرده است. ترکیبات فنولی، تریپنی و روغن‌های فرار موجود در این گیاهان نقش عمده‌ای در اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن‌ها ایفا می‌کند. این مواد نسبتاً ایمن هستند و خطری برای سلامت مصرف‌کنندگان ندارند. عصاره و اسانس گیاه رزماری دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی، ضد سرطانی و محافظت از کبد است. اسانس روغنی رزماری به فرم‌های آزاد و نانوکپسوله در لیپوزوم همراه با صمغ عربی، کیتوزان، کربوکسی‌متیل سلولز و کازینات سدیم به‌عنوان پوشش خوراکی برای محصولاتی چون گوشت و ماهی بکار رفته است که موجب افزایش عمر ماندگاری و بهبود خواص حسی فرآورده شده است (۷). خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره رزماری به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی به همراه صمغ‌های خوراکی بر روی فرآیند اکسیداسیون گوجه‌فرنگی گزارش شده است (۸). گوجه‌فرنگی با نام علمی (*Solanum lycopersicum*) یکی از سبزیجات سرخ‌رنگ و خوش‌بو و آبدار است. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است. انواع مختلف این گیاه امروزه در سراسر جهان پرورش داده می‌شود.

خوراكي بر پايه‌ي صمغ ميكروبي پولولان به همراه اسانس رزمارى به‌عنوان ماده‌اي ضد ميكروبي است.

روش كار

آماده‌سازي تيمارها

ابتدا گوجه‌فرنگي‌هاي سالم كه از بازار محلي ميوه و تره‌بار كرج خريداري گرديد، به محيط آزمايشگاه منتقل و شسته و خشك شدند. حجم كل نمونه‌ها ۵ كيلوگرم بود. نمونه‌گيري به‌صورت تصادفي و به ميزان ۰/۵ كيلوگرم براي هر آزمايش در شرايط محيطي آزمايشگاه در نظر گرفته شد. سپس نسبت ۵ درصد از پودر صمغ پولولان به همراه ۳۵ درصد گليسرو، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ ميلي‌ليتر رسانده شد و با غلظت‌هاي ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ درصد از اسانس روغنى رزمارى در يك هم زن مگنتي به مدت ۱۵ دقيقه و در دماي ۵۵ درجه سانتي‌گراد مخلوط شد (۱۴). گوجه‌فرنگي‌هاي شسته و خشك شده در محلول پوششي فوق با دماي ۲۵ درجه سانتي‌گراد، به مدت يك دقيقه غوطه‌ور شدند. پس از خشك شدن پوشش بر سطح گوجه‌فرنگي، در ظروف يك‌بارمصرف قرار داده شدند و در دو دماي محيط و ۴ درجه سانتي‌گراد، به مدت ۱۶ روز، نگهداري شدند.

بررسى تغييرات pH در گوجه‌فرنگي‌هاي

پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوي

اسانس روغنى رزمارى

ابتدا دستگاه pH متر به ترتيب توسط محلول بافر ۴ pH و محلول بافر ۷ pH كالبره شد. سپس به ميزان ۱۰ گرم از نمونه گوجه‌فرنگي در يك بشر خشك و تميز ريخته شده و با ۱۰ سي‌سي آب مقطر رقيق گرديد و الكترود دستگاه pH متر درون آن قرار گرفت. دماي pH متر با توجه به دماي نمونه تنظيم گرديد. پس از ثابت شدن عدد، pH نمونه خوانده شد. اين آزمون، در روزهاي ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نيز انجام شد (۱۵).

گوجه‌فرنگي از نظر علم گياه‌شناسي و داشتن هسته در دسته ميوه‌ها محسوب مي‌شود. گوجه‌فرنگي داراي خواص و مزايای بسيار مناسبی برای بدن است و ارزش غذايي بالايی دارد. اين ميوه امروزه به روش‌هاي مختلفي، به‌طور خام يا به‌عنوان يکي از مواد لازم برای تهيه غذا، انواع سس و نوشيدني مصرف مي‌شود و بخش مهمي از رژيم غذايي مردم بسياري از کشورها را تشكيل مي‌دهد. کشت و پرورش اين گياه به‌طورکلي، مساحتي حدود سه ميليون هکتار را به خود اختصاص داده است که نزديک يک‌سوم كل مساحت مختص به کشت تره‌بار در جهان است (۹). گوجه‌فرنگي داراي رنگ صورتی و قرمز روشن، بايد در دماي ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتي‌گراد، رطوبت ۹۲ درصد و بين ۳۰-۳۸ روز نگهداري شود. ميزان نگهداري اين نوع گوجه‌فرنگي در سردخانه، به ميزان رسيده بودن آن در زمان برداشت بستگی دارد. گوجه‌فرنگي رسيده را نيز مي‌توان در دماي ۸-۶ درجه سانتي‌گراد، رطوبت ۸۵ تا ۹۰ درصد و برای نهايتاً يک هفته، نگهداري کرد (۱۰). در پژوهشي در سال ۲۰۲۲، از فيلم‌هاي کامپوزيت کنسانتره پروتئين آب پنيرو پولولان حاوي باکترئوفاج استفاده شد که خواص عملکردي و اثرات ضد ميكربي در طول ذخيره‌سازي، مشاهده گرديد. نتايج حاصل از اين مطالعه نشان داد که فيلم‌هاي خوراكي ساخته شده از پولولان که با اسانس تلفيق شده‌اند پتانسيل آن را دارند که ميزان بيشترى از بهبود امنيت غذايي را در گوشت نگهداري شده در يخچال، گوشت تازه و گوشت عمل‌آوری شده ايجاد کنند (۱۱). تحقيقات چشم‌گيري در مورد اثر فيلم‌ها و پوشش‌ها بر مواد خوراكي صورت گرفته است، درحالي‌که تحقيقات در زمينه به‌کارگيري اين پوشش‌ها بر ميوه‌ها و سبزي جات محدود است (۱۲). حفظ كيفيت و کميت محصولاتي نظير گوجه‌فرنگي بدون استفاده از ترکيبات شيميايي سنتز شده در فاصله بين برداشت تا مصرف از اهميت ويژه‌اي برخوردار است (۱۳) و با توجه به خصوصياتي که گوجه‌فرنگي به لحاظ بافت و ارزش غذايي دارد، هدف از انجام اين پژوهش بهينه‌سازي شرايط نگهداري، کاهش ضايعات و حفظ خواص كيفي و ارزش تغذيه‌اي گوجه‌فرنگي با استفاده از پوششي

توسط دستگاه رنگ‌سنج Minolta مدل c360 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. برای این کار فاکتورهای رنگ شامل a (قرمزی)، b (زردی) و L (درخشندگی)، توسط دستگاه، اندازه‌گیری شد (هرکدام با ۵ تکرار) و سپس میانگین این ۵۵ تکرار محاسبه و گزارش شد. این آزمون در روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نیز، انجام گردید. پارامترهای L, b, a در فرمول ذیل قرار گرفتند و ΔE (اختلاف رنگ کل) به دست آمد (۱۵).

$$\sqrt{(L^* - L) + (a^* - a) + (b^* - b)} \Delta E =$$

در این فرمول a^* و b^* و L^* به ترتیب پارامترهای قرمزی، زردی و درخشندگی استاندارد و L ، b ، a به ترتیب پارامترهای قرمزی، زردی و درخشندگی نمونه مورد بررسی است.

بررسی تغییرات بافت در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنی رزماری

برای سنجش سفتی بافت میوه از دستگاه بافت‌سنج Testometric ساخت کشور انگلستان استفاده گردید. برای انجام این آزمایش از یک پروب با قطر ۶ میلی‌متر استفاده شد. سرعت پروب ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه بود که با همین سرعت به داخل بافت نمونه نفوذ کرد و مقدار نیروی وارد شده بر بافت میوه (بر حسب نیوتن) در سه نقطه از سطح آن اندازه‌گیری و سفتی بافت میوه بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع محاسبه شد (۱۶).

بررسی می‌زان افت وزن در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنی رزماری

برای اندازه‌گیری وزن گوجه‌فرنگی‌ها و محاسبه میزان تلفات آن‌ها در مدت‌زمان انبارداری، وزن هریک از آن‌ها در هر هفته اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری به

بررسی تغییرات اسیدیته قابل تیت‌ر در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنی رزماری

ابتدا دستگاه pH متر به ترتیب توسط محلول بافر pH ۴ و محلول بافر pH ۷ کالیبره شد. سپس ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده و سرد شده به یک بشر منتقل گردیده و نمونه گوجه‌فرنگی (۱۰ گرم) به آن اضافه شد. یک عدد مگنت داخل بشر قرار گرفت و سپس بشر روی همزن مغناطیسی گذاشته شد. الکتروود دستگاه pH متر به آرامی درون بشر قرار داده شد و دستگاه هم زن مغناطیسی و pH متر روشن گردید. سپس محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال قطره‌قطره اضافه شد تا pH به ۸/۱ برسد. حجم هیدروکسید سدیم مصرفی یادداشت گردید. ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر تازه جوشیده و سرد شده به یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل شده و نمونه گوجه‌فرنگی (۱۰ گرم) به آن اضافه گردید. سپس شناساگر فنل فتالئین (به میزان ۰/۳ گرم برای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول نمونه) به آن افزوده شد و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ صورتی کم‌رنگ پایدار (به مدت ۳۰ ثانیه) تیت‌ر شد. میزان اسیدیته از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (۱۵):

$$A = \frac{V \times 0.0064 \times 100}{m}$$

که در آن: V: حجم مصرفی هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال بر حسب میلی‌لیتر، m: وزن نمونه بر حسب گرم، A: اسیدیته کل بر حسب اسیدسیتریک، بر حسب گرم در صد گرم. این آزمون در روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نیز انجام شد.

بررسی تغییرات رنگ در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنی رزماری

به‌منظور ارزیابی اثر پوشش خوراکی پولولان بر روی رنگ نمونه‌های گوجه‌فرنگی، آزمون رنگ‌سنجی

با استفاده از تکنیک پورپلیت ریخته شد. سپس به طور یکنواخت چرخانده شد تا مخلوط یکنواخت شود و چند دقیقه بماند تا جامد شود. پلیت‌های تلقیح شده برای شناسایی آسان برچسب‌گذاری شدند. پس از تثبیت کامل محتویات، پلیت‌ها به انکوباتور با دمای ۳۰ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد (به ترتیب برای باکتری و کپک) منتقل و پس از ۴۸ تا ۷۲ ساعت، شمارش انجام شد (۱۷). آزمون‌های میکروبی در روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ انجام شدند.

ارزیابی حسى

آزمون‌های حسى فراورده‌ی نهایی (طعم و مزه، بو، رنگ، بافت و مقبولیت کلی) به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای و با تکمیل پرسشنامه ارزیابی، توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده انجام شد. به این صورت که هر ۱۰ تیمار در اختیار هر ارزیاب قرار گرفت. ارزیاب‌ها برای هر کدام از تیمارها، رتبه ۱ تا ۹ را در نظر گرفتند که عدد ۹ برای نمونه‌های عالی و عدد ۱ برای نمونه‌های خیلی بد در نظر گرفته شده بود (۱۵).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف استاندارد ارائه شد. تمامی داده‌ها در سه تکرار گرفته شد و با استفاده از تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. اعداد مورد استفاده در تیمارها به صورت تصادفی در طی انجام آزمون و خطا انتخاب شدند. برای مقایسه‌ی میانگین مقادیر در سطح ۹۵ درصد ($p < 0.05$) آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS.18 استفاده شد.

کمک ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم و با استفاده از فرمول زیر انجام شد:

$$W = [(w_1 - w_2)] \times 100$$

در این معادله W ، افت وزن بر حسب درصد، W_1 وزن اولیه بر حسب گرم، W_2 وزن هر گوجه‌فرنگی در روز مورد آزمون بر حسب گرم می‌باشد (۳). این آزمون در روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نیز انجام شد.

بررسی میزان رشد باکتری‌های هوازی و کپک و مخمر در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنى رزمارى

پلیت‌ها و پیپت‌ها توسط آب مقطر شسته، خشک شده و به آون با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت منتقل شدند تا کاملاً استریل گردند. قسمت‌های داخلی انکوباتور با الکل و آب مقطر توسط پارچه تنظیف تمیز شد تا از ایجاد آلودگی ثانویه در حین کار جلوگیری گردد. سطح داخلی هود مجهز به لامپ ماورا بنفش موجود در اتاق کشت نیز توسط الکل ضدعفونی شد و تمامی تجهیزات لازم جهت آزمون میکروبی به آنجا منتقل گردیده و هود به مدت ۴۰ دقیقه روشن شد تا عملیات نهایی سترون‌سازی صورت پذیرد. تهیه محیط کشت بر مبنای ۱۰۰ میلی‌لیتر صورت گرفت. برای شمارش باکتری‌های کل محیط کشت پلیت کانت آگار و جهت آزمون میکروبی کپک و مخمر محیط کشت سابرو دکستروز آگار استفاده شد (۱۷). پس از تهیه رقت‌های سری، هر نمونه، ۰/۱ میلی‌لیتر از آن به یک صفحه استریل منتقل شد. پس از تهیه سری رقت‌ها، از رقت‌های مناسب یک میلی‌لیتر به پلیت‌های یکبار مصرف استریل که داخل آن محیط کشت مناسب ریخته شده بود منتقل شد. محیط استریل شده نوترینت آگار و سابرو دکستروز آگار که عموماً مورد استفاده قرار می‌گرفتند، در پلیتی که قبلاً حاوی رقیق‌کننده‌ها بود،

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه

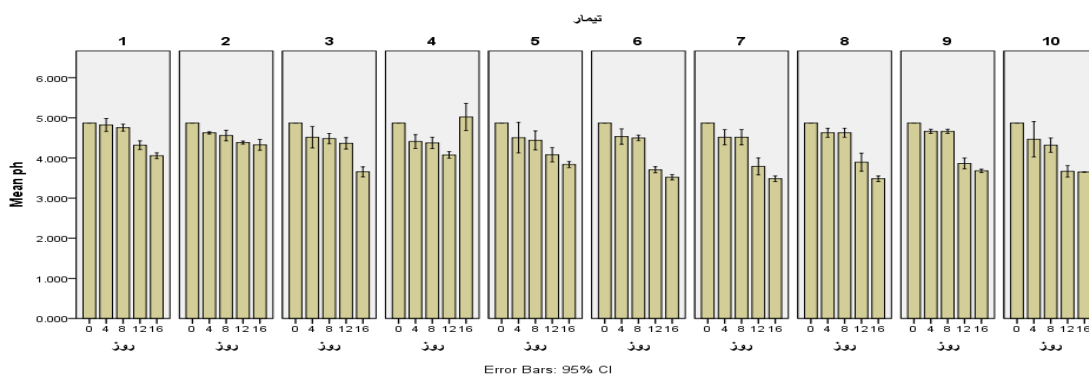
ردیف	ویژگی	مشخصه (کد)
۱	گوجه‌فرنگی بدون پوشش پولولان نگهداری در دمای محیط (شاهد)	C _A
۲	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان بدون اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T _{0A}
۳	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۱ درصد اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T _{1A}
۴	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۲ درصد اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T _{2A}
۵	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۵ درصد اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T _{3A}
۶	گوجه‌فرنگی بدون پوشش، نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (شاهد)	C _B
۷	گوجه‌فرنگی+ پوشش پولولان، بدون اسانس رزماری، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد	T _{0B}
۸	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۱ درصد اسانس نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد	T _{1B}
۹	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۲ درصد اسانس نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد	T _{2B}
۱۰	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان +۰/۵ درصد اسانس نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد	T _{3B}

نتایج

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصدهای مختلف اسانس روغنی رزماری بر pH و اسیدیت قابل تیتر نمونه‌های گوجه‌فرنگی

نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات pH تیمارهای مختلف طی روزهای مختلف انجام آزمون در شکل (۱)، آورده شده است. در تیمار ۱، در ۸ روز اول دوره‌ی ماندگاری هیچ اختلاف معنی‌داری بین pH نمونه‌ها در روزهای مختلف، دیده نشد ($p > 0/05$)؛ اما در روزهای دوازدهم و شانزدهم، میزان کاهش pH اختلاف معنی‌داری را با روزهای گذشته نشان می‌دهد ($p < 0/05$). این روند کاهش pH طی روزهای نگهداری، در تمامی تیمارها مشاهده می‌شود؛ اما این کاهش pH در تیمارهای ۲ تا ۵ معنی‌دار نیست ($p > 0/05$). مقادیر اسیدیت تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی نیز محاسبه گردید. نتایج حاصل از آنالیز آماری در شکل (۲)، نشان داده شده است. این نتایج گویای آن است که تغییرات اسیدیت در نمونه‌ها روند خاصی را دنبال نمی‌کند. در

تمامی تیمارها افزایش اسیدیت از روز صفر تا روز چهارم اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p < 0/05$). در تیمارهای ۵ و ۸ نیز افزایش اسیدیت در روز شانزدهم نسبت به روز دوازدهم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری دارد ($p < 0/05$). در تیمارهای ۵، ۸، ۹ و ۱۰ نیز کاهش اسیدیت‌ی روز دوازدهم نسبت به روز هشتم از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری است ($p < 0/05$). نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری pH و اسیدیت در تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی نشان داد طی روزهای نگهداری، اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری بین نمونه‌ها وجود ندارد ($p > 0/05$). به این ترتیب همان‌طور که در جدول مربوط به pH و اسیدیت دیده می‌شود، با توجه به اینکه این دو پارامتر، روند خاصی را طی مدت‌زمان انجام آزمون در تیمارهای مختلف نشان ندادند، می‌توان چنین نتیجه گرفت تغییرات pH و اسیدیت نمونه‌های گوجه‌فرنگی مستقل از پوشش‌دهی بوده و مرتبط با شرایط فیزیولوژیکی محصول است.

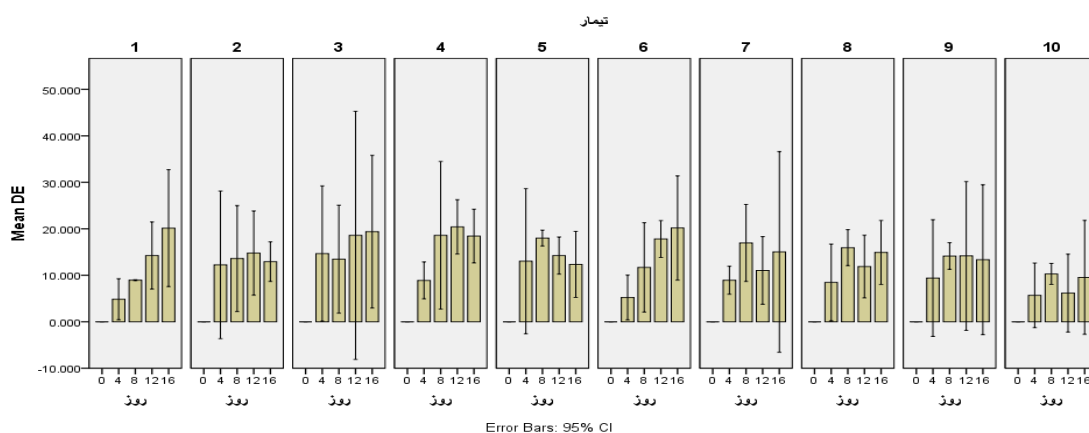


شکل ۱- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر pH و اسیدیته قابل تیتر نمونه‌های گوجه‌فرنگی

($p > 0.05$). بهترین وضعیت مربوط می‌شود به تیماره شماره ۱۰ که در آن کمترین میزان تغییرات رنگ (ΔE) را شاهد هستیم. اما به‌طوری کلی به دلیل انحراف معیار بالا (تکرارپذیری کم و اختلاف زیاد نتایج بین تکرارها در یک تیمار) اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری بین نمونه‌ها مشاهده نشد و می‌توان چنین نتیجه گرفت که پوشش دهی تأثیری ΔE نمونه‌ها نداشته و رنگ نمونه‌ها از روز صفر تا شانزدهم تغییرات قابل توجهی نشان نمی‌دهد. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل کنترل گازهای تنفسی و اصلاح اتمسفر می‌توانند بر رشد میکروارگانیسم‌ها تأثیر داشته باشند. همچنین با افزودن مواد ضد میکروبی مختلف می‌توان از رشد میکروارگانیسم‌های مختلف جلوگیری کرد (۱۲).

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر رنگ نمونه‌های گوجه‌فرنگی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد تغییرات میزان قرمزی (a)، زردی (b) و درخشندگی (L) در نمونه‌های گوجه‌فرنگی، از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده ($p > 0.05$). برآیند این سه ویژگی را در تغییرات رنگ کل (ΔE) مشاهده می‌گردد. میانگین مقادیر مختلف تغییرات رنگ کل در شکل (۲)، آورده شده است. همان‌طور که در نمودار نیز مشهود است، در ارتباط با ΔE ، بدترین تیمارها، تیمارهای ۱ و ۶ هستند و بهترین تیمارها، تیمارهای ۹ و ۱۰؛ اما بین تیمارهای ۱ و ۶ و نیز بین این تیمارها با تیمارهای ۹ و ۱۰ اختلاف معنی‌داری از نظر آماری دیده نمی‌شود.

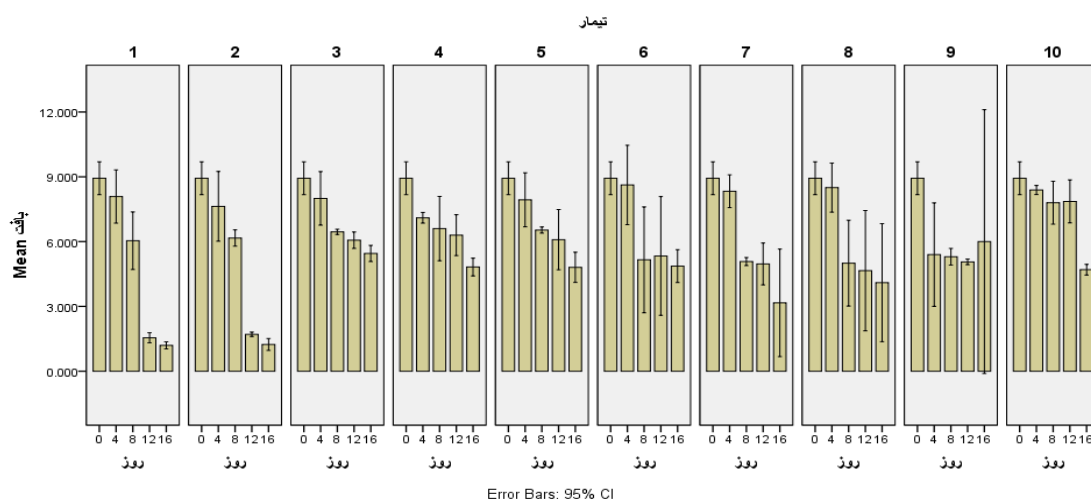


شکل ۲- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر رنگ نمونه‌های گوجه‌فرنگی

آماري معنی دار نیست ($p > 0.05$). این تفاوت بین تیمارهای ۱ و ۶ را می توان به دمای نگهداری نسبت داد. چرا که هر دو تیمار بدون پوشش و اسانس نگهداری شده اند. در نمونه های ۳ و ۴ و ۵ که هر سه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شده اند نیز کاهش سفتی بافت دیده می شود ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نیست ($p > 0.05$). دلیل تغییرات کم در سفتی بافت این تیمارها مربوط به استفاده از اسانس رزماری در تهیه پوشش به کار برده شده برای آنهاست. در تیمارهای ۷ و ۸ و ۹ نیز در روزهای چهارم به بعد کاهش سفتی بافت مشاهده می شود که این اختلاف، فقط در تیمار شماره ۷ معنی دار است ($p < 0.05$). بهترین تیمار در ارتباط با سفتی بافت گوجه فرنگی ها تیمار شماره ۱۰ است. تیمار نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی گراد به همراه پوشش و اسانس رزماری ۰/۰۵ درصد در نظر گرفته شده است.

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد های مختلف اسانس روغنی رزماری بر کیفیت بافت نمونه های گوجه فرنگی

آزمون بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج انجام شد. نتایج این آزمون در شکل (۳)، قابل رؤیت است. تمامی تیمارها در طی روزهای آزمون دستخوش کاهش کیفیت بافت شده اند؛ اما میزان کاهش این پارامتر، در تیمارهای مختلف و در روزهای مختلف متفاوت است. در تیمارهای ۱ و ۲ کاهش کیفیت بافت در روزهای دوازدهم و شانزدهم اختلاف معنی داری را با سایر روزها نشان می دهد ($p < 0.05$) و می توان چنین نتیجه گرفت که در این دو تیمار، به دلیل نگهداری گوجه فرنگی در دمای محیط و نیز عدم استفاده از اسانس رزماری در پوشش تهیه شده، کاهش سفتی بافت زیاد بوده. در تیمار شماره ۶ (شاهد در دمای ۴ درجه سانتی گراد) نیز، کاهش سفتی بافت از روز چهارم به بعد دیده می شود؛ اما این اختلاف، از نظر



شکل ۳- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد های مختلف اسانس روغنی رزماری بر کیفیت بافت نمونه های گوجه فرنگی

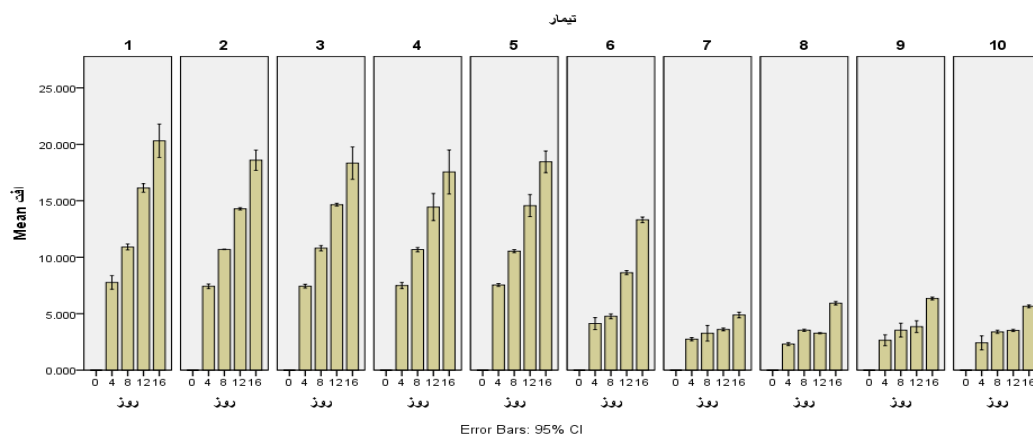
شماره ۱ افت وزن از روز چهارم تا شانزدهم به طور معنی داری افزایش یافته است ($p < 0.05$). افت وزن معنی دار در تیمارهای ۲ تا ۵ که دارای پوشش با درصد های متفاوت اسانس رزماری هستند نیز تکرار شده است. نتایج به دست آمده نشان دهنده این مطلب است که نگهداری تیمارهای گوجه فرنگی حتی با

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان افت وزن نمونه های گوجه فرنگی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده ها در شکل (۴)، قابل مشاهده بوده و حاکی از آن است که در تیمار

نمونه‌های ۷ تا ۱۰ نیز نشان می‌دهند که وقتی نمونه گوجه‌فرنگی در یخچال نگهداری شود پوشش می‌تواند در کاهش افت وزن مؤثر واقع شود. نتایج نشان دادند که اسانس تأثیر چندانی در کاهش افت وزن نمونه‌ها نداشته چرا که کمترین میزان افت وزن در تیمار ۷، مشاهده می‌شود.

پوشش و اسانس هم نمی‌تواند از افت وزن تیمارها در دمای محیط جلوگیری کند. در تیمار شماره ۶ (شاهد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) میزان افت وزن در روزهای چهارم تا شانزدهم اگرچه از لحاظ آماری معنی‌دار است ($p < 0.05$)، اما این پارامتر در قیاس با تیمارهای نگهداری شده در دمای محیط، کمتر بوده.



شکل ۴- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان افت وزن نمونه‌های گوجه‌فرنگی

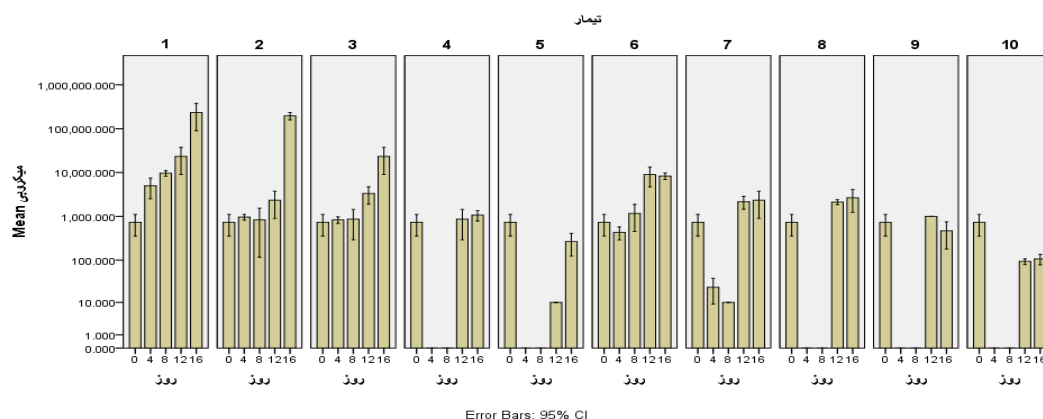
نمونه‌برداری شده از تیمار، رشد میکروبی صفر بوده. این تغییر در تیمارهای شماره ۵، ۸، ۹ و ۱۰ نیز درست در روزهای چهارم و هشتم قابل مشاهده است. در تیمار شماره ۵ که تیمار پوشش‌دار به همراه بالاترین میزان اسانس بود (۰/۰۵ درصد)، میزان رشد میکروبی نه تنها افزایشی را نشان نداد بلکه از روز صفر تا روز شانزدهم کاهش نیز داشت. این تغییر مثبت تأییدکننده اثر ضد میکروبی قوی اسانس رزماری است. چرا که با افزایش درصد اسانس از ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ درصد، کاهش قابل ملاحظه‌ای در رشد باکتری در پلیت‌های کشت مشاهده شد. با مقایسه تیمار شماره ۶ (تیمار شاهد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) با تیمار شماره ۱، می‌توان چنین نتیجه گرفت که نگهداری گوجه‌فرنگی‌ها در یخچال (بدون پوشش و اسانس) نیز، می‌تواند بار میکروبی نمونه را تا حدودی کاهش دهد. در تیمارهای ۷ تا ۹ مشاهده می‌شود که وقتی پوشش به همراه اسانس به کار می‌رود میزان رشد میکروبی در نمونه در دمای یخچال ثابت‌تر می‌شود و هر چه درصد

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد میکروبی نمونه‌های گوجه‌فرنگی

در رابطه با آزمون‌های میکروبی، مشاهده گردید که در تیمار شماره (۱)، بار میکروبی با افزایش زمان به‌طور معنی‌داری از روز صفر تا روز شانزدهم افزایش داشته است؛ اما در تیمارهای ۲ و ۳ که به ترتیب نمونه همراه با پوشش و نمونه همراه با پوشش + اسانس رزماری (۰/۰۱ درصد) هستند دیده می‌شود که بار میکروبی نمونه به‌طور نسبی به ثبات رسیده و افزایش چشمگیری نداشته است. در تیمار شماره ۴ که همان تیمار پوشش‌دار با درصد اسانس بیشتر (۰/۰۲ درصد) است ثبات بیشتری از نظر میزان بار میکروبی نسبت به تیمار شماره ۳ وجود دارد. در این تیمار در روزهای چهارم و هشتم هیچ نوع رشد میکروبی در پلیت‌های کشت دیده نشده که این می‌تواند به دلیل خطای آزمایشگاهی باشد یا به این دلیل که در اثر استفاده از پوشش و اسانس ضد میکروبی در آن قسمت

اسانس ۰/۰۵ درصد کاهش رشد باکتری در پلیت‌های کشت مشاهده شد. در این آزمون آخرین مقایسه مربوط به نمونه‌های ۵ و ۱۰ است.

اسانس مصرفی افزایش داده می‌شود، این ثابت رشد میکروبی بیشتر حفظ می‌شود و حتی رو به کاهش می‌رود. به‌طوری‌که در نمونه شماره ۱۰ با درصد

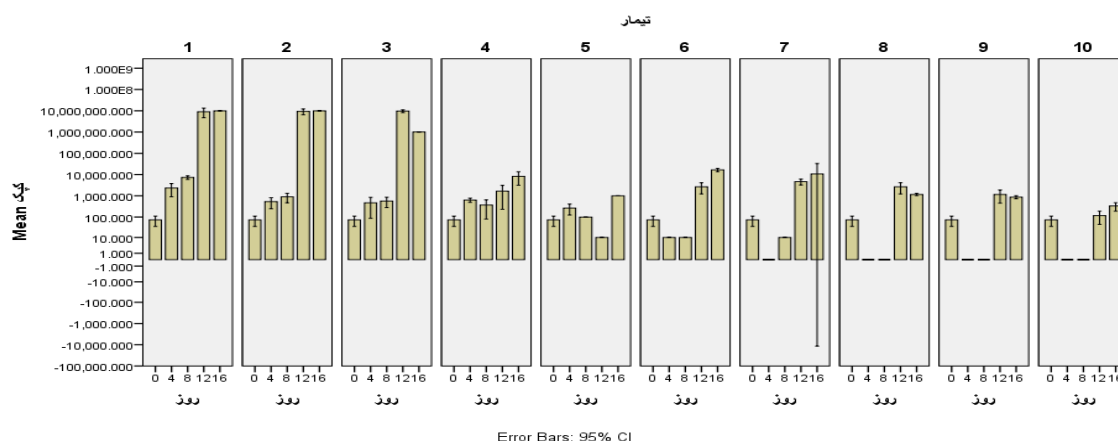


شکل ۵- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد میکروبی نمونه‌های گوجه‌فرنگی

تیمار شماره ۷ نمونه پوشش‌دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد است. با دقت در نمودار می‌توان دریافت که میزان رشد کپک و مخمر در این نمونه نسبت به شاهد ۴ درجه سانتی‌گراد تا حدودی کاهش یافته اما با افزودن اسانس رزماری در غلظت‌های متفاوت به تیمارهای ۸ تا ۱۰ کاهش بیشتر در رشد این میکروارگانیسم‌ها مشاهده شد، به‌طوری‌که بهترین وضعیت در تیمار شماره ۱۰ ملاحظه گردید. به این معنی که تیمار پوشش‌دار با اسانس ۰/۰۵ درصد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد که در مقایسه با تیمار شماره ۵ که همین شرایط را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارد نیز رشد کپک مخمر کمتری دارد. چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در شرایط یکسان با کاهش دمای نگهداری، می‌توان میزان رشد کپک را در گوجه‌فرنگی به میزان بیشتری کاهش داد. در تیمار شماره ۷ در روز چهارم و در تیمارهای ۸ و ۹ و ۱۰ در روزهای چهارم و هشتم، هیچ نوع رشد کپکی در پلیت‌های کشت دیده نشده که این می‌تواند به دلیل خطای آزمایشگاهی باشد یا به این دلیل که در اثر استفاده از پوشش و اسانس ضد میکروبی در آن قسمت نمونه‌برداری شده از تیمار، رشد کپکی صفر بوده است.

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد کپک و مخمر نمونه‌های گوجه‌فرنگی

در گوجه‌فرنگی همیشه رشد کپک و مخمر مهم‌تر از رشد باکتری است. با دقت در نمودار مربوط به رشد کپک می‌توان مشاهده کرد که در تیمار شماره ۱، طی روزهای نگهداری افزایش رشد کپک و مخمر از روز صفر تا روز شانزدهم مشاهده گردید. در تیمار شاهد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یا همان تیمار شماره ۶ نیز افزایش رشد کپک و مخمر را می‌توان مشاهده کرد؛ اما همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود با کاهش دمای نگهداری (حتی بدون پوشش و ترکیبات ضد میکروبی) میزان رشد کپک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ($P < 0.05$). در تیمارهای ۲ و ۳ کاهش جزئی رشد کپک مشاهده می‌شود اما این کاهش چندان محسوس نیست؛ اما در نمونه‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود با افزایش میزان اسانس رزماری افزوده شده به پوشش، میزان رشد کپک مخمر در گوجه‌فرنگی به یکباره به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین تیمار شماره ۳ با تیمارهای ۴ و ۵ وجود دارد ($P < 0.05$).

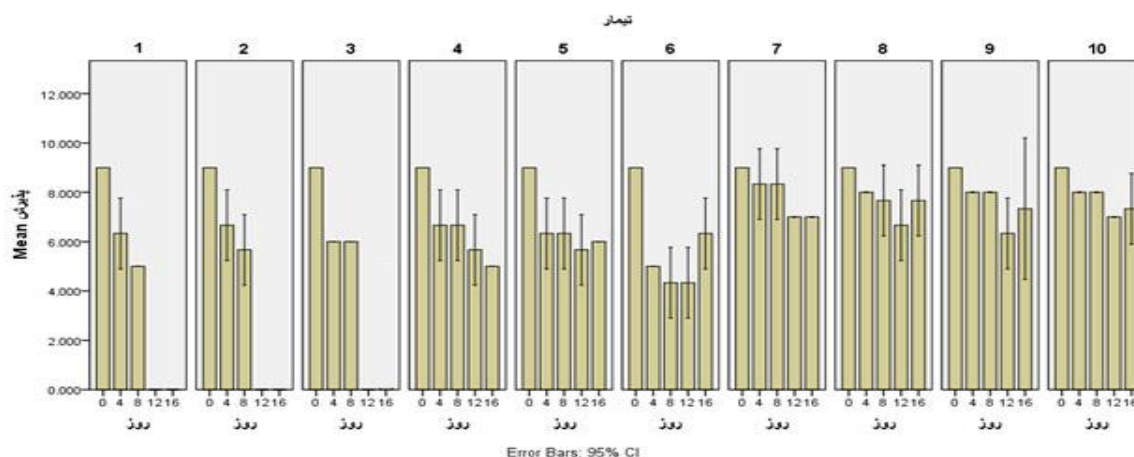


شکل ۶- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد کپک و مخمر نمونه های گوجه فرنگی

نیز دیده می شود. اما در تیمار شماره ۶ که تیمار شاهد در دمای ۴ درجه سانتی گراد است روند کاهش پذیرش از روز صفر تا شانزدهم نسبت به تیمار شماره ۱ با سرعت کمتری طی شده است. از این یافته ها می توان چنین نتیجه گرفت که دمای نگهداری، خود به تنهایی می تواند در افزایش مدت زمان مقبولیت گوجه فرنگی تأثیرگذار باشد. در تیمارهای ۴ و ۵ مقبولیت نمونه ها از روز چهارم تا شانزدهم ثبات بیشتری دارد که این تغییر را می توان به افزایش غلظت اسانس رزماری در پوشش گوجه فرنگی نسبت داد و می توان چنین نتیجه گرفت که پوشش به تنهایی یا پوشش با غلظت پایین اسانس تأثیر چندانی در جلوگیری از رشد کپک و نیز جلوگیری از کاهش مقبولیت طی دوره نگهداری نداشته و در این مورد نقش اسانس پرنس تر است. کمترین تغییرات پذیرش را در تیمارهای ۷ تا ۱۰ دیده شد. با توجه به دمای نگهداری این تیمارها (۴ درجه سانتی گراد)، با افزایش غلظت اسانس رزماری از ۰/۰۱ به ۰/۰۵، در قیاس با تیمارهای ۳ و ۴ و ۵۵ که از نظر غلظت اسانس در وضعیت مشابه این تیمارها بودند، به نتایج بهتری از پذیرش رسیده و بهترین وضعیت را در بین این تیمارها، تیمار شماره ۱۰ داشت.

تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد های مختلف اسانس روغنی رزماری بر تغییرات رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی نمونه های گوجه فرنگی

در این پژوهش، برای انجام آزمون های حسی که شامل رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی است به روش هدونیک ۹ نقطه ای و با تکمیل پرسش نامه ارزیابی توسط ۲۵ ارزیاب آموزش دیده آزمون های حسی انجام شد و نتایج آن به شکل نمودار، ارائه گردید. نظرات ارزیاب ها در مورد طعم، بو و رنگ در نهایت در آیت پذیرش کلی، جمع آوری گردید. با مشاهده نمودار مربوط چنین نتیجه گیری می شود که تقریباً در تمام تیمارها با گذشت زمان ۱۶ روز پذیرش کلی افت داشته است؛ اما این افت مقبولیت، در تیمارهای مختلف متفاوت است. همان طور که در نمودار دیده می شود تیمار شماره ۱ که تیمار شاهد در دمای ۲۵ درجه است از روز صفر تا چهارم و نیز از روز چهارم تا هشتم، افت قابل ملاحظه ای در پذیرش کلی داشته به طوری که نمونه در روزهای دوازدهم و شانزدهم به علت کپک زدگی و طعم و ظاهر ناخوشایند از نظر پنلیست ها قابلیت تست شدن را نداشته و آزمون پذیرش روی این نمونه انجام نشد. این وضعیت را در تیمارهای ۲ و ۳



شکل ۷- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصدهای مختلف اسانس روغنی رزماری بر تغییرات رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی نمونه‌های گوجه‌فرنگی

بحث

درحالی که pH گوجه‌فرنگی تازه ۶/۳۹ گزارش شده است. افزایش ممکن است به تغییرات در سطح برخی از اسیدها به‌ویژه اسیدسیتریک نسبت داده شود. یافته‌های این مطالعه با نتیجه به‌دست‌آمده توسط Salehi و همکاران مطابقت دارد. مقادیر pH آب گوجه‌فرنگی تازه در حد حداکثر (۶ تا ۷) برای آب گوجه‌فرنگی تازه است، درحالی که مقدار رب گوجه‌فرنگی کمی بالاتر از حداکثر سطح pH تعیین شده توسط مرکز ایمنی مواد غذایی و تغذیه کاربردی بوده است. سطح بالای pH در رب گوجه‌فرنگی کنسرو شده ممکن است به فرآیند نگهداری رب نسبت داده شود که ممکن است باعث افزایش سطح pH رب گوجه‌فرنگی شود. اگرچه pH کمتر از ۴/۵، شاخص خوبی در نظر گرفته می‌شود زیرا رشد برخی از میکروارگانیسم‌ها را متوقف می‌کند. به همین دلیل در محصولاتی با این شرایط، فرایند حرارتی پاستوریزاسیون کفایت می‌کند (۱۰). Yeganeh و همکاران در سال ۲۰۲۱، نتایج مشاهده شده در بار میکروبی گوجه‌فرنگی در ۲۴ ساعت را به دلیل نحوه نگهداری و شرایط محیطی نسبت دادند. با این حال، آن‌ها نتیجه گرفتند که پوشش خوراکی بر پایه کازینات سدیم به‌تنهایی قادر به کاهش بار میکروبی باکتری‌ها و کپک‌ها و مخمرها نبوده و زمانی این کاهش به‌طور معنادار مشاهده شد که همراهی اسانس روغنی رزماری وجود داشته است (۷) که این مورد

گوجه‌فرنگی از محصولات کشاورزی مهم در ایران است که طبق برآورد وزارت جهاد کشاورزی سالانه به‌طور متوسط ۳۰ درصد این محصول در مراحل پس از برداشت از بین می‌رود. از بین مراحل پس از برداشت، بسته‌بندی مناسب نقش مهمی در کاهش ضایعات، بهبود کیفیت و ماندگاری محصولات باغی دارد. Rong و همکارانش ثابت کردند که کمترین میزان pH بالاترین اسیدیته را در گوجه‌فرنگی زمانی دیده می‌شود که به رنگ سبز روشن است. در این مرحله نشاسته می‌شکند و میوه به طرف رسیدن می‌رود. مقدار pH میوه گوجه‌فرنگی در مدت نگهداری با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. بالا رفتن pH میوه می‌تواند بیانگر مصرف اسیدهای آلی در طول زمان باشد (۱۸). از طرفی Nour و همکاران در سال ۲۰۱۸، نشان دادند که با به کار بردن پوشش برای گوجه‌فرنگی‌های خشک شده تا حدود زیادی از نفوذ اکسیژن به داخل بافت میوه جلوگیری می‌شود که نتیجه این تغییر، کاهش رشد باکتری‌های هوازی در بافت گوجه‌فرنگی‌هاست. با کاهش رشد باکتری‌های هوازی، این میکروارگانیسم‌ها کمتر می‌توانند محیط رشد خود را اسیدی کنند. در نتیجه pH محیط ثابت می‌ماند (۱۹). pH گوجه‌فرنگی به‌طور کلی اسیدی است و مقادیر به‌دست‌آمده در طول دوره مطالعه بین ۵/۷۹ تا ۶/۰۶ برای رب گوجه‌فرنگی متغیر است

کاملاً منطبق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. به دلیل اینکه پوشش کشیده شده روی گوجه‌فرنگی بسیار نازک بوده و رنگی نداشته دستگاه تفاوت‌چندانی بین نمونه پوشش داده شده و نمونه‌ی بدون پوشش قائل نشده که این موضوع، یکی از ویژگی‌های مثبت در این کاراست. در سال ۲۰۲۱، در بررسی فیلم‌های تجزیه‌پذیر زیستی مشخص شد تغییرات رنگ، تغییراتی ذره‌ای است که نمی‌توان تنها با پوشش دهی به آن دست یافت و باید از طریق دستکاری ژنتیکی رنگ را تغییر داد (۱۸ و ۲۰). موارد مشابهی در مورد تغییرات رنگ گوجه‌فرنگی با پوشش دهی به‌وسیله‌ی متیل سلولز نشان داد که با پوشش دهی گوجه‌فرنگی‌ها توسط این ماده، در نمودار ΔE اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین نمونه‌ها مشاهده نشد (۱۹). از نظر رنگ، این یکی از ویژگی‌های مثبت پژوهش حاضر است که به خاطر نامرئی بودن و بی‌رنگ بودن پوشش، با توجه به بررسی‌هایی که توسط دستگاه و نیز آزمون‌های حسی انجام شد، پوشش، هیچ‌گونه اثر منفی روی تغییر رنگ نداشته است. خاصیت ضد میکروبی اسانس رزماری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تأثیر پررنگ‌تری را نسبت به دمای محیط نشان داده. اثرات ضد میکروبی اسانس رزماری در پژوهش‌های متعددی در سال ۲۰۱۹، اثبات شد (۲۰ و ۲۱). به دلیل شرایط اسیدی بودن گوجه‌فرنگی، همواره احتمال رشد کپک‌ها و مخمرها در این محصول بیشتر از باکتری‌ها است. طبق مطالعات محققان اثر ضد میکروبی ملاتونین و صمغ پولولان بر روی گوجه‌گیلاسی با استفاده از ترکیبی از تیمارها یا پوشش‌های مختلف با یک نگهدارنده شیمیایی یا مخلوطی از یک ماده ضد میکروبی طبیعی و یک نگهدارنده شیمیایی قوی‌تر حاصل شد که به دلیل اثر سینرژیسم می‌باشد (۲۲). در تحقیق خادم و همکاران در سال ۲۰۱۷، تأثیر اسانس رزماری در کاهش رشد کپک‌ها در محصول آب انار تأیید شد (۲۴). Sezer و همکاران نیز در سال ۲۰۲۲، پژوهش مشابهی بر روی توت‌فرنگی انجام دادند که هم‌راستای نتیجه به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر است. طبق تحقیقات قبلی، فیلم پولولان به‌خودی‌خود خاصیت ضد میکروبی

ندارد و تنها به دلیل افزودن مواد طبیعی مانند عصاره گل‌های شیرین‌علفزار یا ریحان شیرین یا اسانس پونه کوهی، زیره سیاه یا رزماری، خاصیت ضد میکروبی پیدا می‌کند (۲۵). کاهش وزن بیشتر گوجه‌فرنگی بدون پوشش نیز توسط Rather و همکاران ۲۰۲۲، گزارش شده است (۲۶). میوه‌های دارای پوشش می‌توانند کاهش وزن را بهتر حفظ کنند زیرا پوشش به‌عنوان یک مانع آب‌گریزی در روزنه میوه عمل می‌کند و در برابر از دست دادن آب محافظت می‌کند و تعرق را سرکوب می‌کند (۲۷). با این حال، محققین نتیجه گرفتند که پوشش ۴ درصدی از روکش‌های خوراکی از جمله نشاسته یا سایر پلیمرهای طبیعی نتایج بهتری را در حفظ کاهش وزن نشان می‌دهد، مطابق با نتیجه گزارش شده توسط چتری و همکاران (۲۰۲۳) که در آن درصد بالاتر نشاسته می‌تواند کاهش وزن را بهتر حفظ کند (۲۸ و ۲۹). Rong در سال ۲۰۰۳ و Nimesh در سال ۲۰۲۴، نشان دادند سفتی و انسجام بافت گوجه‌فرنگی به کاهش وزن آن مربوط می‌شود زیرا به دلیل از دست دادن آب در حین ذخیره‌سازی دیواره سلولی پاره شده و بافت میوه نرم می‌شود. این امر در نتیجه فرآیندهای بیوشیمیایی که در آن پکتین و نشاسته توسط آنزیم‌های دیواره سلولی میوه هیدرولیز می‌شوند، رخ می‌دهد. هر چه پوشش محافظتی که دور محصول را احاطه کرده بیشتر باشد، انسجام بافت و در نتیجه سفتی محصول بیشتر می‌شود (۱۳ و ۱۸). پذیرش حسی بصری، جنبه اصلی در ارزیابی کیفیت مصرف‌کننده است. ارزیابی حسی به‌عنوان یک روش علمی مورد استفاده برای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل و تفسیر پاسخ‌ها به یک فراورده به‌عنوان درک حاصل از حواس بینایی، بویایی، چشایی و شنوایی تعریف می‌شود و در آزمون حسی از یک یا چند تا از پنج حس برای ارزیابی غذا استفاده می‌شود. "پانل تیست" شامل گروهی از افراد آموزش دیده هستند که نمونه غذای خاصی را تحت شرایط کنترل شده چشیده و ارزیابی می‌کنند (۳۰). دمای نگهداری، خود به‌تنهایی می‌تواند در افزایش مدت‌زمان پذیرش کلی گوجه‌فرنگی تأثیرگذار باشد. در تیمارهای ۴ و ۵ مقبولیت نمونه‌ها از روز چهارم تا شانزدهم ثبات

فیزیولوژی محصول است. بهترین تیمار از نظر افت وزن تیمار شماره ۱۰ بود به این معنی که تیمار پوشش دار به همراه اسانس ۰/۰۵ درصد رزماری که در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شده است. آزمون های گرفته شده با دستگاه رنگ سنج نیز نشان دهنده این مطلب بود که به دلیل اینکه پوشش استفاده شده بر سطح گوجه فرنگی بسیار نازک بوده و تغییری در رنگ نمونه ایجاد نمی کند، در تیمارها اختلاف معنی دار از لحاظ آماری در پارامترهای L, b, a و در نهایت ΔE دیده نشد. از نظر بافت نیز، تیمار شماره ۱۰ بهترین تیمار بود. نتایج آنالیزهای میکروبی نیز نشان داد در نمونه های پوشش دار با درصد اسانس بیشتر، رشد باکتری های کل و نیز کپک و مخمر، از نظر آماری به طور معنی داری کاهش یافت. همچنین با انجام آزمون های حسی توسط ارزیاب ها مشخص شد طی روزهای صفر تا شانزدهم، امتیازهای مربوط به رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی نمونه های پوشش دار همراه با اسانس به طور معناداری بیشتر از نمونه های بدون پوشش بود. در نهایت با توجه به کلیه نتایج به دست آمده از آزمون های مختلف، تیمار ۱۰ به عنوان نمونه برتر معرفی گردید.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

بیشتری دارد که این تغییر را می توان به افزایش غلظت اسانس رزماری در پوشش گوجه فرنگی نسبت داد و می توان چنین نتیجه گرفت که پوشش به تنهایی یا پوشش با غلظت پایین اسانس تأثیر چندانی در جلوگیری از رشد کپک و نیز جلوگیری از کاهش امتیاز پذیرش کلی طی دوره نگهداری نداشته و در این مورد نقش اسانس پررنگ تر است. Sezer و همکاران نیز در سال ۲۰۲۲، نتایج مشابهی بر روی توت فرنگی به دست آوردند (۲۵). Irani و همکاران در سال ۲۰۲۱، تأثیر پوشش نانومولسیونی بر پایه اسانس های روغنی *Artemisia aucheri* bois را از نظر خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی بررسی کردند که نتایج آن ها به ویژه تأثیر بر روی کپک ها، همراهی نتایج پژوهش حاضر بود (۳۱). تحقیقات Entezari و همکاران نیز که بر روی فیلم نانوفیبرهای سلولزی ژلاتین/ پولولان صورت گرفت، تأثیر ضدباکتری بر علیه *Salmonella* تیفی موریوم در عین حفظ خواص ارگانولپتیکی محصول (به ویژه رنگ و طعم) را ثابت کرد که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می کند (۳۲).

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی استفاده از پوشش صمغ پولولان و اسانس روغنی رزماری بر کیفیت فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی گوجه فرنگی پرداخته شده است. برای دستیابی به بهترین تأثیر پوشش روی گوجه فرنگی ۱۰ تیمار با شرایط متفاوت از نظر پوشش، دمای نگهداری و غلظت اسانس رزماری آماده سازی شده و در دو دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند و آزمون های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، سفتی بافت میوه، رنگ و افت وزن) میکروبی (شمارش کلی باکتری ها هوازی، کپک و مخمر) و حسی (ارزیابی رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی) طی ۱۶ روز نگهداری هر ۴ روز یکبار بر روی آن ها صورت گرفت. نتایج ارزیابی فیزیکوشیمیایی نشان داد که pH و اسیدیته ی نمونه های گوجه فرنگی مستقل از پوشش و اسانس استفاده شده بر سطح نمونه ها بوده و مرتبط با شرایط

References

1. El-Basiouny NM, Soliman SMA, Khalil NM, Abd El-Ghany MN. Chitosan and alginate/*Aspergillus flavus*-mediated nanocomposite films for preservation of postharvest tomatoes. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2025; 297(6):139559.
2. Ritika R. Food coatings and preservation technologies. *Edible packaging: Extension of Shelf Life and Improvement of Food Quality*. 2024; (6): 167-210.
3. Trovatti E, Fernandes SC, Rubatat L, da Silva Perez D, Freire CS, Silvestre AJ, Neto CP. Pullulan–nanofibrillated cellulose composite films with improved thermal and mechanical properties. *Composites Science and Technology*. 2012; 72(13):1556-61.
4. Chen F, Chi C. Development of pullulan/carboxylated cellulose nanocrystal/tea polyphenol bionanocomposite films for active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2022; 186(1): 405–413.
5. Hedayati rad F, Sharifan A, Khodayian Chegini F, Hossini E. Antimicrobial activity of Pullulan film incorporated with *Artemisia sieberi* essential oil. *Journal of Advanced Biomedical Sciences*. 2013; 3 (2):130-135.
6. García-Anaya M, Sepúlveda R, ClaudioRios D, Zamudio B, I.Sáenz-Mendoza P. The role of food compounds and emerging technologies on phage stability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020; 64, 102436.
7. Yeganeh S, Zargar M. Evaluation of antimicrobial and antioxidant effect of sodium caseinate edible coating enriched with rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) on the quality and shelf life of inbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2021; 18 (120):39-50
8. Taher MA, Dawood DH, Selim M, Amin B, Elsherbiny EA. Effect of chitosan/gum arabic blends enriched by sodium nitroprusside or methyl salicylate on the storability and antioxidant activity of tomato fruit. *Polymers*. 2024; 16(11), 1518.
9. Kathirvelu T, Raj Xavier J, Innasimuthu N, Chauhan P. Exploring composite edible coatings for shelf-life extension and quality preservation of tomato (*Solanum lycopersicum* L). *Future Postharvest and Food*. 2024; 1 (4), 401-413.
10. Salehi B, Sharifi-Rad R, Sharopov F, Namiesnik J, Roointan A, Kamle M, Kumar P, Martins N, Sharifi-Rad J. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition*. 2019; 62:201–208.
11. Kamali S, Yavarmanesh M, Najafi MB, Koochehi A. Development of whey protein concentrate/pullulan composite films containing bacteriophage A511: Functional properties and anti-*Listeria* effects during storage. *Food Packaging and Shelf Life*. 2022; 33(2):11-18. 100902-100917.
12. Deepak M, Goutam S, Manoj Kumar P, Aarti C, Vishal A, Anup K, Rajeshwar M. Quality evaluation of tomatoes coated by an advanced electrostatic spray coating system. *International Journal of Food Science & Technology*. 2023; 58 (12) 6351-6361.
13. Nimesh D, Chathuri M, Thushari L, Lankanayaka A. Clove essential oil emulsions-loaded arrowroot starch-beeswax-based edible coating extends the shelf life and preserves the postharvest quality of fresh tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) stored at room temperature. *Sustainable Food Technology*. 2024; 2 (4) 1052-1068.
14. Jouki M, Khazaei N, Ghasemlou M, Hadinezhad M. Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum. *Carbohydrate Polymers*. 2013; 9(6): 39– 46.
15. National Standards Organization, National Standard of Iran No. 2685 "Food Chemistry Comprehensive Method for Measuring pH and Titratable Acidity. 2017; Publications of the Iranian Standards Organization.
16. Bayati MR, Badiei F, Ivani A, Rajabipour A. Evaluation of the Effect of Methylcellulose-Based Edible Coating on the Shelf Life and Ripening of Rose Apples. 2011; the 21st National Congress of Food Science and Industries.
17. ISIRI. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and molds -Part 1: 2008; Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. 10899-1.

18. Rong-yu Z, Yao-wen H. Influence of hydroxypropyl methylcellulose edible coating on fresh-keeping and storability of tomato. *Journal of Zhejiang University*. 2003; 4, 109–113.
19. Nour V, Panainte TD, Ropota M, Turcu R, Trandafir I, Corbu AR. Nutritional and bioactive compounds in dried tomato processing waste. *CyTA—Journal of Food*. 2018; 16:222–229.
20. Dicastillo CL, Settler-Ramírez L, Gavara, R, Hernández-Muñoz P, Carballo GL. Development of biodegradable films loaded with phages with anti Listerial properties. *Polymers*. 2021; 13(3):327.
21. Hassanzad Azar H, Ghafari A, Yousefizadeh S, Fathollahi M, Aminzare M. Antimicrobial effects of the nanoemulsion of rosemary essential oil against important foodborne pathogens. *Journal of Human Environment and Health Promotion*. 2019; 5(2): 79-85.
22. Li S, Xu Y, Bi Y, Zhang B, Shen S, Jiang T, Zheng X. Melatonin treatment inhibits gray mold and induces disease resistance in cherry tomato fruit during postharvest. *Postharvest Biology and Technology*. 2019; 157, 110962.
23. Yeddes W, Nowacka M, Rybak K, Younes I, Hammami M, Saidani-Tounsi M, Witrowa-Rajchert D. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of rosemary essential oils as gelatin edible film component. *Food Science and Technology Research*. 2019; 25(2): 321-329.
24. Khadem M, Almasi H, Meshkini S. Effect of bacterial cellulose based active film containing rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil and ZnO nanoparticles on chemical, microbial and nutritional properties of ready to eat pomegranate arils during cold storage. *Journal of Food Research*. 2017; 27(4): 103-119.
25. Sezer B, Tayyarcı EK, Boyacı, İH. The use of bacteriophage-based edible coatings for the biocontrol of *Salmonella* in strawberries. *Food Control*. 2022; 135(1):12-19.
26. Rather JA, Makroo HA, Showkat Q, Majid D, Dar B. Recovery of gelatin from poultry waste: Characteristics of the gelatin and lotus starch-based coating material and its application in shelf-life enhancement of fresh cherry tomato. *Food Packaging and Shelf Life*. 2022; 31(4): 47-60.
27. Pholsin R, Shiekh KA, Jafari S, Kijpatanasilp I, Nanan T, Suppavorasatit I, Assatarakul K. Impact of pectin edible coating extracted from cacao shell powder on postharvest quality attributes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit during storage. *Food Control*. 2024; 1(155):110023.
28. Filho JG, de O, Albiero BR, Calisto Í H, Bertolo MRV, Oldoni FCA, Egea MB, Bogusz Junior S, de Azeredo HMC, Ferreira, MD. Bio-nanocomposite edible coatings based on arrowroot starch/cellulose nanocrystals/ carnauba wax nanoemulsion containing essential oils to preserve quality and improve shelf life of strawberry. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022; 219: 812–823.
29. Chettri S, Sharma N, Mohite AM. Utilization of lima bean starch as an edible coating base material for sapota fruit shelf-life enhancement. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023; 12(1): 18-29.
30. Ayranci E, Tunc S. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*. 2008; 80: 423 – 431.
31. Irani M, Homayouni Tabrizi M, Ardalan T. Evaluation of in vitro antibacterial and antioxidant activity of nanoemulsions synthesized By *Artemisia Aucheri* Boiss essential oil. *Studies in Medical Sciences*. 2021; 32(2):134-43.
32. Entezari A, Sedaghat N, Shakeri G. Production of Gelatin-Pullulan- Nanofibers Cellulose Film Containing Salmonella Phages and Effect Its Anti-Salmonella against *Salmonella typhimurium*. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 2024; 20(2):267-279