



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

سارا حسنی، تکتم مستقیم\*

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

\*نویسنده مسئول: toktammostaghim@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸، پذیرش مقاله: 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 فیزیکیوشیمیایی، 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 فیزیکیوشیمیایی (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 فیزیکیوشیمیایی 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  $\Delta E$  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 فیزیکیوشیمیایی، 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.

### مقدمه

پذیرفته است و نتایج آن‌ها و دستیابی به مواد و 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

استفاده از پوشش‌های خوراکی به‌عنوان یکی از روش‌های بسته‌بندی میوه‌جات و محصولات کشاورزی همچون 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 پوشش‌دهی میوه‌جات نظیر گوجه‌فرنگی، پرتقال، سیب، انبه و گیلان انجام

کردن منابع غير 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 موادغذایی 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. ابرووبازیدیوم 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، موادغذایی کم‌کالری و نیز در تولید چسب، به‌عنوان ماده استحکام دهنده استفاده کرد. برخی خواص فیزیکی این زیست پلیمر مثل استحکام و شفافیت نظیر مواد پلی‌استیرنی 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. اسکروگلوکان نیز کاربرد بالقوه‌ای به‌عنوان یک پوشش دهنده 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 موادغذایی از جمله میوه، سبزی و مواد پخته است (۶). در سال‌های اخیر استفاده از ادویه‌ها و گیاهان به‌عنوان نگهدارنده در موادغذایی به دلیل علاقه روزافزون به استفاده از مواد نگهدارنده‌ی طبیعی، اهمیت زیادی پیدا کرده است. ترکیبات فنولی، ترپنی 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، ضدالتهابی، ضدسرطانی 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 محصولات چوب‌گوش 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. گوجه‌فرنگی از نظر علم گیاه‌شناسی و داشتن هسته در دسته میوه‌ها محسوب می‌شود. گوجه‌فرنگی دارای خواص و مزایای بسیار مناسبی برای بدن است و ارزش غذایی بالایی دارد. این میوه امروزه به روش‌های مختلفی، به‌طور خام یا به‌عنوان یکی از مواد لازم برای تهیه غذا، انواع سس و نوشیدنی مصرف می‌شود و بخش مهمی از رژیم غذایی مردم بسیاری از کشورها را تشکیل می‌دهد. کشت و پرورش این گیاه به‌طور کلی، مساحتی حدود سه میلیون هکتار را به خود اختصاص داده است که نزدیک یک‌سوم کل مساحت مختص به کشت تره‌بار در جهان است (۹). گوجه‌فرنگی دارای رنگ صورتی و قرمز روشن، باید در دمای ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۹۲ درصد و بین ۳۰-۳۸ روز نگهداری شود. میزان نگهداری این نوع گوجه‌فرنگی در سردخانه، به میزان رسیده بودن آن در زمان برداشت بستگی دارد. گوجه‌فرنگی رسیده را نیز می‌توان در دمای ۸-۶ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۸۵ تا ۹۰ درصد و برای نهایتاً یک هفته، نگهداری کرد (۱۰). در پژوهشی در سال ۲۰۲۲، از فیلم‌های کامپوزیت کنسانتره پروتئین آب پنیر و پولولان حاوی باکتریوفاج

پوششی فوق با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت یک دقیقه غوطه‌ور شدند. پس از خشک شدن پوشش بر سطح گوجه‌فرنگی، در ظروف یک‌بارمصرف قرار داده شدند و در دو دمای محیط و ۴ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۱۶ روز، نگهداری شدند.

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

ابتدا دستگاه pH متر به ترتیب توسط محلول بافر ۴ pH و محلول بافر ۷ pH کالیبره شد. سپس به میزان ۱۰ گرم از نمونه گوجه‌فرنگی در یک بشر خشک و تمیز ریخته شده و با ۱۰ سی‌سی آب مقطر رقیق گردید و الکتروود دستگاه pH متر درون آن قرار گرفت. دمای pH متر با توجه به دمای نمونه تنظیم گردید. پس از ثابت شدن عدد، pH نمونه خوانده شد. این آزمون، در روزهای ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نیز انجام شد (۱۵).

### 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 ۴ pH و محلول بافر ۷ pH 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 هم‌زن 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 ارلن‌مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل شده و نمونه گوجه‌فرنگی (۱۰ گرم) به آن اضافه گردید. سپس

استفاده شد که خواص عملکردی و اثرات ضد میکروبی در طول ذخیره‌سازی، مشاهده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که فیلم‌های خوراکی ساخته شده از پولولان که با اسانس تلفیق شده‌اند پتانسیل آن را دارند که میزان بیشتری از بهبود امنیت غذایی را در گوشت نگهداری شده در یخچال، گوشت تازه و گوشت عمل‌آوری شده ایجاد کنند (۱۱). تحقیقات چشم‌گیری در مورد اثر فیلم‌ها و پوشش‌ها بر مواد خوراکی صورت گرفته است، درحالی‌که تحقیقات در زمینه به‌کارگیری این پوشش‌ها بر میوه‌ها و سبزیجات محدود است (۱۲). حفظ کیفیت و کمیت محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی بدون استفاده از ترکیبات شیمیایی سنتز شده در فاصله بین برداشت تا مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۳) و با توجه به خصوصیتی که گوجه‌فرنگی به لحاظ بافت و ارزش غذایی دارد، هدف از انجام این پژوهش بهینه‌سازی شرایط نگهداری، کاهش ضایعات و حفظ خواص کیفی و ارزش تغذیه‌ای گوجه‌فرنگی با استفاده از پوششی خوراکی بر پایه‌ی صمغ میکروبی پولولان به همراه اسانس رزماری به‌عنوان ماده‌ای ضد میکروبی است.

### روش کار

#### آماده‌سازی تیمارها

ابتدا گوجه‌فرنگی‌های سالم که از بازار محلی میوه و تره‌بار کرج خریداری گردید، به محیط آزمایشگاه منتقل و شسته و خشک شدند. حجم کل نمونه‌ها ۵ کیلوگرم بود. نمونه‌گیری به صورت تصادفی و به میزان ۰/۵ کیلوگرم برای هر آزمایش در شرایط محیطی آزمایشگاه در نظر گرفته شد. سپس نسبت ۵ درصد از پودر صمغ پولولان به همراه ۳۵ درصد گلیسرول، با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ درصد از اسانس روغنی رزماری در یک هم‌زن مگنتی به مدت ۱۵ دقیقه و در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد مخلوط شد (۱۴). گوجه‌فرنگی‌های شسته و خشک شده در محلول

## بررسى تغييرات بافت در گوجه‌فرنگى‌هاى پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوى اسانس روغنى رزمارى

برای سنجش سفتى بافت ميوه از دستگاه بافت سنج Testometric ساخت کشور انگلستان استفاده گرديد. برای انجام اين آزمایش از يك پروب با قطر ۶ ميلي‌متر استفاده شد. سرعت پروب ۶۰ ميلي‌متر بر دقيقه بود که با همين سرعت به داخل بافت نمونه نفوذ کرد و مقدار نيروى وارد شده بر بافت ميوه (بر حسب نيوتن) در سه نقطه از سطح آن اندازه‌گيرى و سفتى بافت ميوه بر حسب نيوتن بر ميلي‌متر مربع محاسبه شد (۱۶).

## بررسى ميزان افت وزن در گوجه‌فرنگى‌هاى پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوى اسانس روغنى رزمارى

برای اندازه‌گيرى وزن گوجه‌فرنگى‌ها و محاسبه ميزان تلفات آن‌ها در مدت‌زمان انباردارى، وزن هريك از آن‌ها در هر هفته اندازه‌گيرى شد. اين اندازه‌گيرى به کمک ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم و با استفاده از فرمول زير انجام شد:

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

در اين معادله  $w$ ، افت وزن بر حسب درصد،  $w_1$  وزن اوليه بر حسب گرم،  $w_2$  وزن هر گوجه‌فرنگى در روز مورد آزمون بر حسب گرم مى‌باشد (۳). اين آزمون در روزهاى ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نيز انجام شد.

شناساگر فنل فتالئين (به ميزان ۰/۳ گرم برای هر ۱۰۰ ميلي‌ليتر محلول نمونه) به آن افزوده شد و با محلول هيدروکسيد سدیم ۰/۱ نرمال تا ايجاد رنگ صورتى کم‌رنگ پايدار (به مدت ۳۰ ثانيه) تيتر شد. ميزان اسيديته از طريق فرمول زير محاسبه گرديد (۱۵):

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

که در آن:  $V$ : حجم مصرفى هيدروکسيدسدیم ۰/۱ نرمال بر حسب ميلي‌ليتر،  $m$ : وزن نمونه بر حسب گرم،  $A$ : اسيديته کل بر حسب اسيدسيتريك، بر حسب گرم در صد گرم. اين آزمون در روزهاى ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نيز انجام شد.

## بررسى تغييرات رنگ در گوجه‌فرنگى‌هاى پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوى اسانس روغنى رزمارى

به‌منظور ارزيباى اثر پوشش خوراکی پولولان بر روى رنگ نمونه‌هاى گوجه‌فرنگى، آزمون رنگ سنجى توسط دستگاه رنگ‌سنج Minolta مدل c360 ساخت کشور ژاپن استفاده شد. برای اين کار فاکتورهای رنگ شامل  $a$  (قرمزى)،  $b$  (زردى) و  $L$  (درخشندگى)، توسط دستگاه، اندازه‌گيرى شد (هر کدام با ۵ تکرار) و سپس ميزانگين اين ۵۵ تکرار محاسبه و گزارش شد. اين آزمون در روزهاى ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ نيز، انجام گرديد. پارامترهای  $L, b, a$  در فرمول ذيل قرار گرفتند و  $\Delta E$  (اختلاف رنگ کل) به دست آمد (۱۵).

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

در اين فرمول  $a^*$  و  $b^*$  و  $L^*$  به ترتيب پارامترهای قرمزى، زردى و درخشندگى استاندارد و  $L, b, a$  به ترتيب پارامترهای قرمزى، زردى و درخشندگى نمونه مورد بررسى است.

## بررسی میزان رشد باکتری‌های هوازی و کپک و مخمر در گوجه‌فرنگی‌های پوشش داده شده با صمغ پولولان حاوی اسانس روغنی رزماری

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 نظیف 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، با استفاده از تکنیک پورپلیت ریخته شد. سپس به‌طور یکنواخت چرخانده شد تا مخلوط یکنواخت شود و چند دقیقه بماند تا جامد شود. پلیت‌های تلقیح شده برای شناسایی آسان برجسب‌گذاری 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 حسی

آزمون‌های حسی 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.

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه

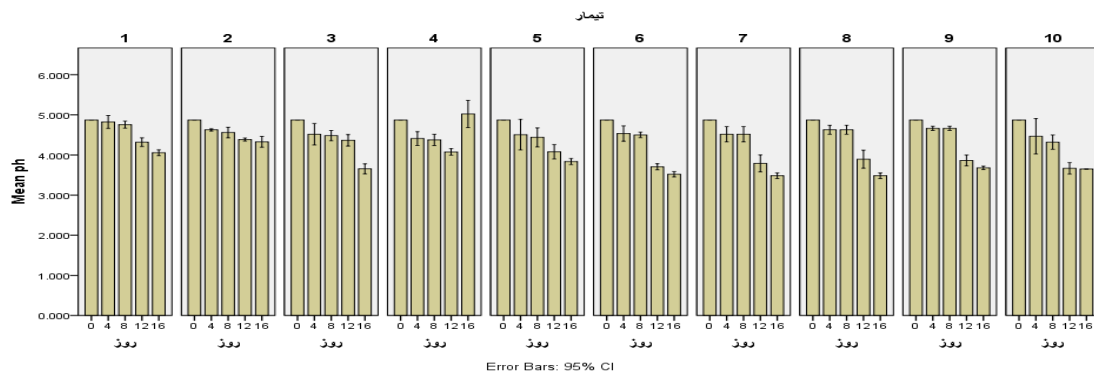
ردیف	ویژگی	مشخصه (کد)
۱	گوجه‌فرنگی بدون پوشش پولولان نگهداری در دمای محیط (شاهد)	C <sub>A</sub>
۲	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان بدون اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T <sub>0A</sub>
۳	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان+۰/۱ درصد اسانس رزماری نگهداری در دمای محیط	T <sub>1A</sub>
۴	گوجه‌فرنگی+پوشش پولولان+۰/۲ درصد اسانس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

## نتایج

### تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر pH و اسیددیده قابل تیترا 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 اسیددیده 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 اسیددیده در نمونه‌ها روند

خاصی را دنبال نمی‌کند. در تمامی تیمارها افزایش اسیددیده از روز صفر تا روز چهارم اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ). در تیمارهای ۵ و ۸ نیز افزایش اسیددیده 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 اسیددیده‌ی روز دوازدهم نسبت به روز هشتم از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌داری است ( $p < 0.05$ ). نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری pH و اسیددیده 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 اسیددیده 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 اسیددیده نمونه‌های گوجه‌فرنگی مستقل از پوشش‌دهی بوده و مرتبط با شرایط فیزیولوژیکی محصول است.

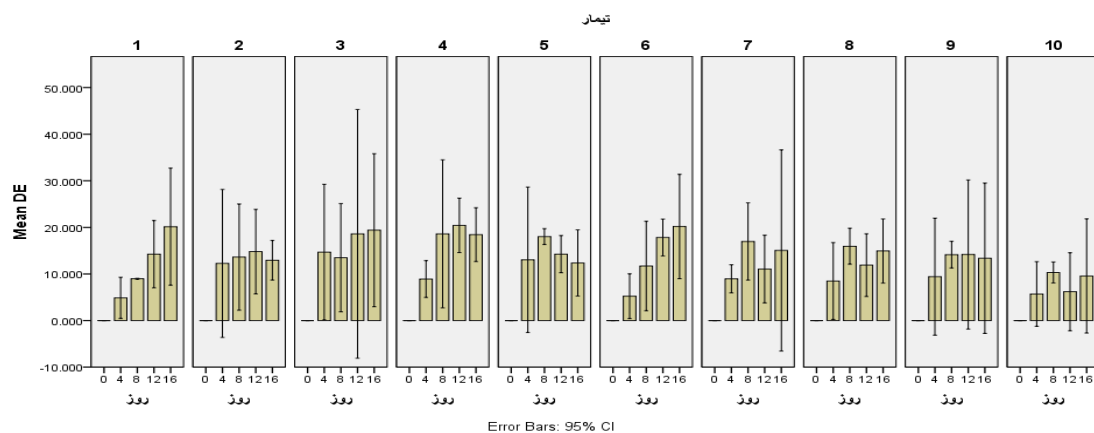


شکل ۱- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر pH و اسیدیته قابل تیتر نمونه‌های گوجه‌فرنگی

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

( $p > 0.05$ ). بهترین وضعیت مربوط می‌شود به تیماره شماره ۱۰ که در آن کمترین میزان تغییرات رنگ ( $\Delta E$ ) 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  $\Delta E$  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).

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 ( $\Delta E$ ) مشاهده می‌گردد. میانگین مقادیر مختلف تغییرات رنگ کل در شکل (۲)، آورده شده است. همان‌طور که در نمودار نیز مشهود است، در ارتباط با  $\Delta E$ ، 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.

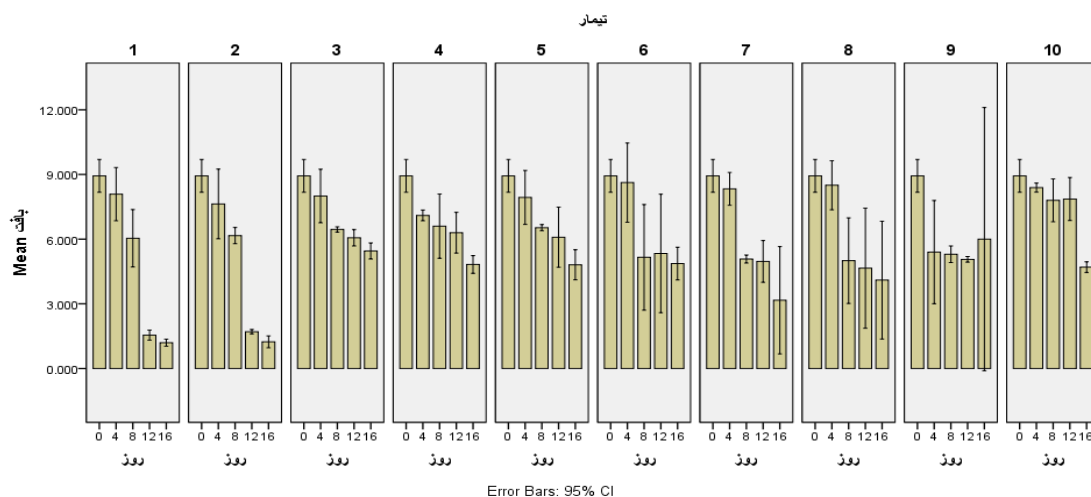


شکل ۲- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد مختلف اسانس روغنی رزماری بر رنگ نمونه‌های گوجه‌فرنگی

از روز چهارم به بعد دیده می‌شود؛ اما این اختلاف، از نظر آماری معنی‌دار نیست ( $p > 0.05$ ). این تفاوت بین تیمارهای ۱ و ۶ را می‌توان به دمای نگهداری نسبت داد. چرا که هر دو تیمار بدون پوشش و اسانس نگهداری شده‌اند. در نمونه‌های ۳ و ۴ و ۵ که هر سه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده‌اند نیز کاهش سفتی بافت دیده می‌شود ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار 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 می‌شود که این اختلاف، فقط در تیمار شماره ۷ معنی‌دار است ( $p < 0.05$ ). بهترین تیمار در ارتباط با سفتی بافت گوجه‌فرنگی‌ها تیمار شماره ۱۰ است. تیمار نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به همراه پوشش و اسانس رزماری ۰/۰۵ درصد در نظر گرفته شده است.

## تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر کیفیت بافت نمونه‌های گوجه‌فرنگی

آزمون بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج انجام شد. نتایج این آزمون در شکل (۳)، قابل‌رؤیت است. تمامی تیمارها در طی روزهای آزمون دستخوش کاهش کیفیت بافت شده‌اند؛ 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 معنی‌داری را با سایر روزها نشان می‌دهد ( $p < 0.05$ ) و می‌توان چنین نتیجه گرفت که در این دو تیمار، به دلیل نگهداری گوجه‌فرنگی 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 سانتی‌گراد) نیز، کاهش سفتی بافت



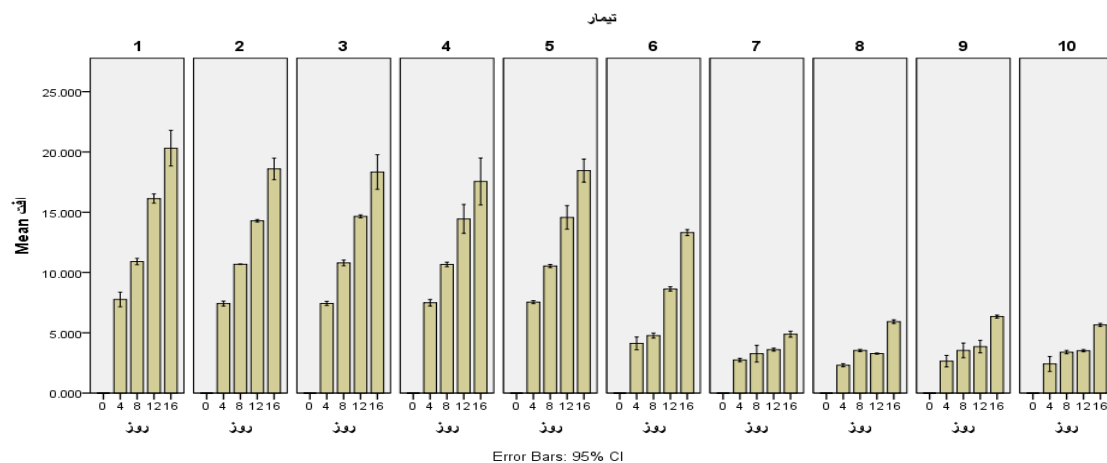
شکل ۳- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر کیفیت بافت نمونه‌های گوجه‌فرنگی



## تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان افت وزن نمونه‌های گوجه‌فرنگی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها در شکل (۴)، قابل‌مشاهده بوده و حاکی از آن است که در تیمار شماره ۱ افت وزن از روز چهارم تا شانزدهم به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ( $p < 0.05$ ). افت وزن معنی‌دار در تیمارهای ۲ تا ۵ که دارای پوشش با درصد‌های متفاوت اسانس رزماری هستند نیز تکرار شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده این مطلب است که نگهداری تیمارهای گوجه‌فرنگی حتی با

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. 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.



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

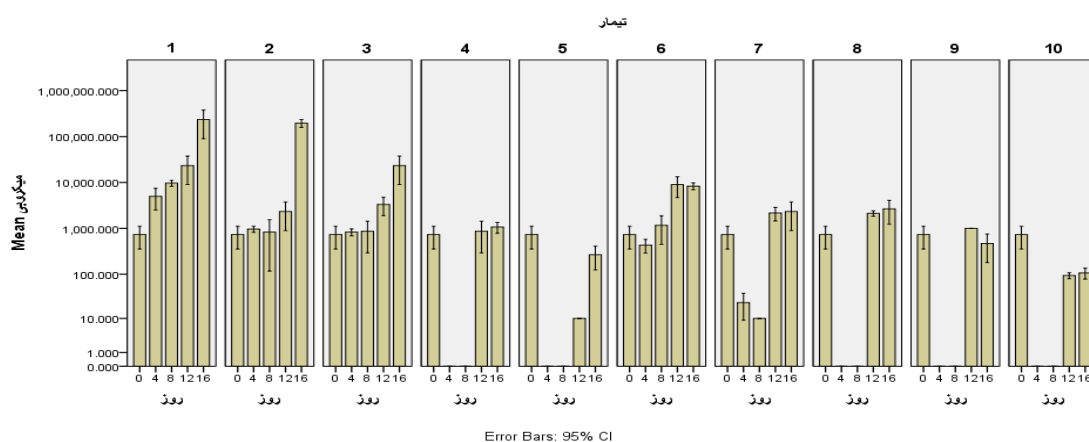
## تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصد‌های مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد میکروبی نمونه‌های گوجه‌فرنگی

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 نمونه برداری شده از تیمار، رشد میکروبی صفر بوده. این تغییر در تیمارهای شماره ۵، ۸، ۹ و ۱۰ نیز درست در روزهای چهارم و هشتم قابل‌مشاهده 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

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 اسانس مصرفی افزایش داده می‌شود، این ثبات رشد میکروبی بیشتر حفظ می‌شود و حتی رو به کاهش می‌رود. به طوری که در نمونه شماره ۱۰ با درصد اسانس ۰/۰۵ درصد کاهش رشد باکتری در پلیت‌های کشت مشاهده شد. در این آزمون آخرین مقایسه مربوط به نمونه ۱۰ و نمونه ۵ است.

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 مقایسه‌ی 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



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

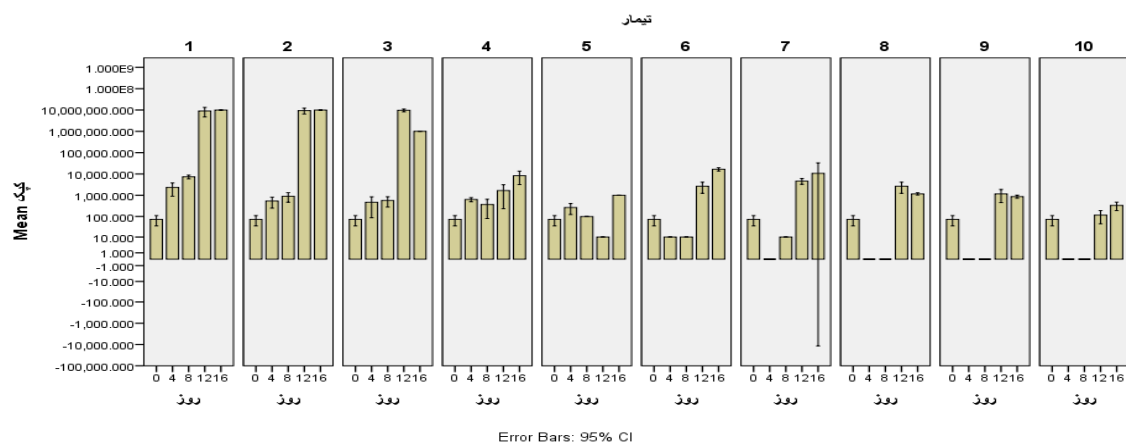
و ۳ کاهش جزئی رشد کپک مشاهده می‌شود اما این کاهش چندان محسوس نیست؛ اما در نمونه‌های ۴ و ۵ مشاهده می‌شود با افزایش میزان اسانس رزماری افزوده شده به پوشش، میزان رشد کپک مخمر در گوجه‌فرنگی به یکباره به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد و از این نظر، اختلاف معنی‌داری بین تیمار شماره ۳ با تیمارهای ۴ و ۵ وجود دارد ( $P < 0.05$ ). 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، به طوری که بهترین وضعیت در تیمار شماره ۱۰ ملاحظه گردید. به این

## 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

شماره‌ی 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.

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



شکل ۶- تأثیر پوشش صمغ پولولان و درصدهای مختلف اسانس روغنی رزماری بر میزان رشد کپک و مخمر نمونه‌های گوجه‌فرنگی

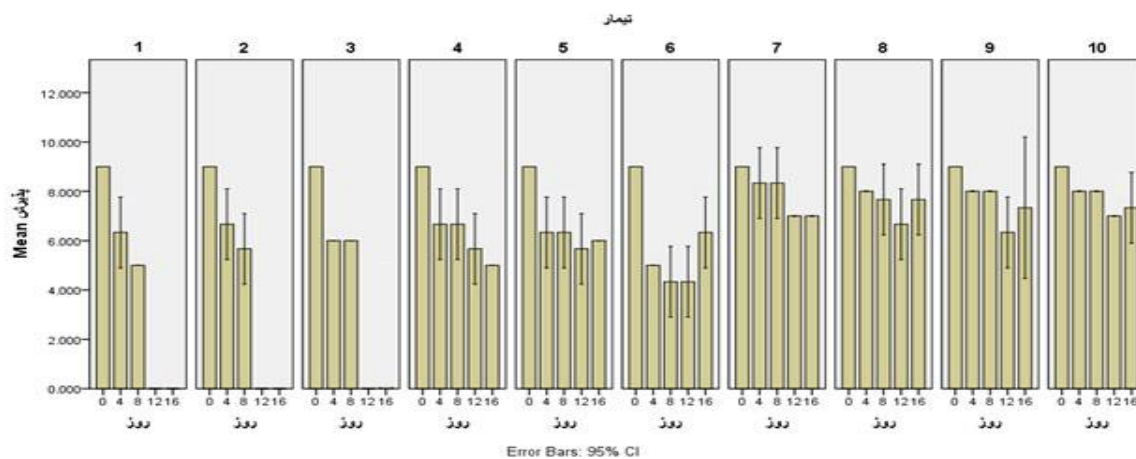
درجه است از روز صفر تا چهارم و نیز از روز چهارم تا هشتم، افت قابل‌ملاحظه‌ای در پذیرش کلی داشته به طوری که نمونه در روزهای دوازدهم و شانزدهم به علت کپک‌زدگی و طعم و ظاهر ناخوشایند از نظر پنیلیست‌ها قابلیت تست شدن را نداشته و آزمون پذیرش روی این نمونه انجام نشد. این وضعیت را در تیمارهای ۲ و ۳ نیز دیده می‌شود. اما در تیمار شماره ۶ که تیمار شاهد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد است روند کاهش پذیرش از روز صفر تا شانزدهم نسبت به تیمار شماره ۱ با سرعت کمتری طی شده است. از این یافته‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که دمای نگهداری، خود به تنهایی می‌تواند در افزایش مدت‌زمان مقبولیت گوجه‌فرنگی تأثیرگذار باشد. در تیمارهای ۴ و ۵ مقبولیت نمونه‌ها از روز چهارم تا شانزدهم ثابت بیشتری دارد که این تغییر را می‌توان به افزایش غلظت اسانس رزماری در پوشش گوجه‌فرنگی نسبت داد و می‌توان چنین نتیجه گرفت که پوشش به تنهایی

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

در این پژوهش، برای انجام آزمون‌های حسی که شامل رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی است به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای و با تکمیل پرسش‌نامه ارزیابی توسط ۲۵ ارزیاب آموزش دیده آزمون‌های حسی انجام شد و نتایج آن به شکل نمودار، ارائه گردید. نظرات ارزیاب‌ها در مورد طعم، بو و رنگ در نهایت در آیتم پذیرش کلی، جمع‌آوری گردید. با مشاهده نمودار مربوط چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تقریباً در تمام تیمارها با گذشت زمان ۱۶ روز پذیرش کلی افت داشته است؛ اما این افت مقبولیت، در تیمارهای مختلف متفاوت است. همان‌طور که در نمودار دیده می‌شود تیمار شماره ۱ که تیمار شاهد در دمای ۲۵

افزايش غلظت اسانس رزمارى از ۰/۰۱ به ۰/۰۵، در قياس با تيمارهاى ۳ و ۴ و ۵۵ که از نظر غلظت اسانس در وضعيت مشابه اين تيمارها بودند، به نتايج بهترى از پذيرش رسيده و بهترين وضعيت را در بين اين تيمارها، تيمار شماره ۱۰ داشت.

يا پوشش با غلظت پايين اسانس تاثير چندانى در جلوگيرى از رشد کپک و نيز جلوگيرى از کاهش مقبوليت طى دوره نگهدارى نداشته و در اين مورد نقش اسانس پرنگ تراست. کمترين تغييرات پذيرش را در تيمارهاى ۷ تا ۱۰ ديده شد. با توجه به دماى نگهدارى اين تيمارها (۴ درجهى سانتى گراد)، با



شکل ۷- تاثير پوشش صمغ پولولان و درصدهاى مختلف اسانس روغنى رزمارى بر تغييرات رنگ، بو، طعم و پذيرش کلی نمونه‌هاى گوجه‌فرنگى

## بحث

اکسيژن به داخل بافت ميوه جلوگيرى مى‌شود که نتيجه اين تغيير، کاهش رشد باکترى‌هاى هوازى در بافت گوجه‌فرنگى‌هاست. با کاهش رشد باکترى‌هاى هوازى، اين میکروارگانيسم‌ها کمتر مى‌توانند محيط رشد خود را اسيدى کنند. درنتيجه pH محيط ثابت مى‌ماند (۱۹). pH گوجه‌فرنگى به‌طورکلى اسيدى است و مقادير به‌دست‌آمده در طول دوره مطالعه بين ۵/۷۹ تا ۶/۰۶ برای رب گوجه‌فرنگى متغير است درحالى که pH گوجه‌فرنگى تازه ۶/۳۹ گزارش شده است. افزايش ممکن است به تغييرات در سطح برخى از اسيدها به‌ويژه اسيدسيترىک نسبت داده شود. يافته‌هاى اين مطالعه با نتيجه به‌دست‌آمده توسط Salehi و همکاران مطابقت دارد. مقادير pH آب گوجه‌فرنگى تازه در حد حداکثر (۶ تا ۷) برای آب گوجه‌فرنگى تازه است، درحالى که مقدار رب گوجه‌فرنگى کمى بالاتر از حداکثر سطح pH تعيين شده توسط مرکز ايمنى موادغذايى و تغذيه کاربردى بوده است. سطح بالای pH در رب گوجه‌فرنگى کنسرو

گوجه‌فرنگى از محصولات کشاورزى مهم در ايران است که طبق برآورد وزارت جهاد کشاورزى سالانه به‌طور متوسط ۳۰ درصد اين محصول در مراحل پس از برداشت از بين مى‌رود. از بين مراحل پس از برداشت، بسته‌بندى مناسب نقش مهمى در کاهش ضايعات، بهبود کيفيت و ماندگارى محصولات باغى دارد. Rong و همکارانش ثابت کردند که کمترين ميزان pH و بالاترين اسيديته را در گوجه‌فرنگى زمانى ديده مى‌شود که به رنگ سبز روشن است. در اين مرحله نشاسته مى‌شکند و ميوه به طرف رسيدن مى‌رود. مقدار pH ميوه گوجه‌فرنگى در مدت نگهدارى با رسيدن ميوه افزايش مى‌يابد. بالا رفتن pH ميوه مى‌تواند بيانگر مصرف اسيدهاى آلى در طول زمان باشد (۱۸). از طرفى Nour و همکاران در سال ۲۰۱۸، نشان دادند که با به کار بردن پوشش برای گوجه‌فرنگى‌هاى خشک شده تا حدود زيادى از نفوذ

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 گوجه گیلاسی 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

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 محصولات 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 کاملاً منطبق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. به دلیل اینکه پوشش کشیده شده روی گوجه‌فرنگی بسیار نازک بوده و رنگی نداشته دستگاه تفاوت چندان 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  $\Delta E$  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 ویی رنگ 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

## نتيجه گيرى

در اين پژوهش به بررسى استفاده از پوشش صمغ پولولان و اسانس روغنى رزمارى بر كيفيت فيزيكوشيميايى، ميكروبي و ارگانولپتيكى گوجه فرنگى پرداخته شده است. براى دستيابى به بهترين تأثير پوشش روى گوجه فرنگى ۱۰ تيمار با شرايط متفاوت از نظر پوشش، دماى نگهدارى و غلظت اسانس رزمارى آماده سازى شده و در دو دماى ۴ و ۲۵ درجه سانتى گراد نگهدارى شدند و آزمون هاى فيزيكوشيميايى (pH، اسيدپته، سفتى بافت ميوه، رنگ و افت وزن) ميكروبي (شمارش كللى باكتري ها هوازى، كپك و مخمر) و حسى (ارزيابى رنگ، بو، طعم و پذيرش كللى) طى ۱۶ روز نگهدارى هر ۴ روز يك بار بر روى آنها صورت گرفت. نتايج ارزيابى فيزيكوشيميايى نشان داد كه pH و اسيدپته ي نمونه هاى گوجه فرنگى مستقل از پوشش و اسانس استفاده شده بر سطح نمونه ها بوده و مرتبط با شرايط فيزيولوژى محصول است. بهترين تيمار از نظر افت وزن تيمار شماره ۱۰ بود به اين معنى كه تيمار پوشش دار به همراه اسانس ۰/۰۵ درصد رزمارى كه در دماى ۴ درجه سانتى گراد نگهدارى شده است. آزمون هاى گرفته شده با دستگاه رنگ سنج نيز نشان دهنده اين مطلب بود كه به دليل اينكه پوشش استفاده شده بر سطح گوجه فرنگى بسيار نازك بوده و تغييرى در رنگ نمونه ايجاد نمى كند، در تيمارها اختلاف معنى دار از لحاظ آمارى در پارامترهاى L, b, a و در نهايت  $\Delta E$  ديده نشد. از نظر بافت نيز، تيمار شماره ۱۰ بهترين تيمار بود. نتايج آناليزهاى ميكروبي نيز نشان داد در نمونه هاى پوشش دار با درصد اسانس بيشتر، رشد باكتري هاى كل و نيز كپك و مخمر، از نظر آمارى به طور معنى دارى کاهش يافت. همچنين با انجام آزمون هاى حسى توسط ارزياب ها مشخص شد طى روزهاى صفر تا شانزدهم، امتيازهاى مربوط به رنگ، بو، طعم و پذيرش كللى نمونه هاى پوشش دار همراه با اسانس به طور معنا دارى بيشتر از نمونه هاى بدون پوشش بود. در نهايت با توجه به كليته نتايج

محافظتى كه دور محصول را احاطه كرده بيشتر باشد، انسجام بافت و در نتيجه سفتى محصول بيشتر مى شود (۱۳ و ۱۸). پذيرش حسى بصرى، جنبه اصلى در ارزيابى كيفيت مصرف كننده است. ارزيابى حسى به عنوان يك روش علمى مورد استفاده براى اندازه گيرى، تجزيه و تحليل و تفسير پاسخ ها به يك فراورده به عنوان درك حاصل از حواس بينايى، بويابى، چشايى و شنوايى تعريف مى شود و در آزمون حسى از يك يا چند تا از پنج حس براى ارزيابى غذا استفاده مى شود. "پانل تيست" شامل گروهى از افراد آموزش ديده هستند كه نمونه غذاى خاصى را تحت شرايط كنترل شده چشيده و ارزيابى مى كنند (۳۰). دماى نگهدارى، خود به تنهائى مى تواند در افزايش مدت زمان پذيرش كللى گوجه فرنگى تأثير گذار باشد. در تيمارهاى ۴ و ۵ مقبوليت نمونه ها از روز چهارم تا شانزدهم ثبات بيشترى دارد كه اين تغيير را مى توان به افزايش غلظت اسانس رزمارى در پوشش گوجه فرنگى نسبت داد و مى توان چنين نتيجه گرفت كه پوشش به تنهائى يا پوشش با غلظت پايين اسانس تاثير چندانى در جلوگيرى از رشد كپك و نيز جلوگيرى از کاهش امتياز پذيرش كللى طى دوره نگهدارى نداشته و در اين مورد نقش اسانس پررنگ تر است. Sezer و همكاران نيز در سال ۲۰۲۲، نتايج مشابهى بر روى توت فرنگى به دست آوردند (۲۵). Irani و همكاران در سال ۲۰۲۱، تاثير پوشش نانومولسيونى بر پايه اسانس هاى روغنى *Artemisia aucheri* bois را از نظر خواص ضد ميكربى و آنتى اكسيدانى بررسى كردند كه نتايج آنها به ويژه تاثير بر روى كپك ها، همراستايى نتايج پژوهش حاضر بود (۳۱). تحقيقات Entezari و همكاران نيز كه بر روى فيلم نانوفيبيرهاى سلولوزى ژلاتين/ پولولان صورت گرفت، تاثير ضدباكتري بر عليه *سالمونلا تيفى موريوم* در عين حفظ خواص ارگانولپتيكى محصول (به ويژه رنگ و طعم) را ثابت كرد كه نتايج تحقيق حاضر را تاثير مى كند (۳۲).

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

به دست آمده از آزمون‌های مختلف، تیمار ۱۰ به عنوان نمونه برتر معرفی گردید.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

## 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

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, Tayyarcan EK, Boyaci, IH. 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 1 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. Ayrançi 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.
- 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.



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.



## 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.

\*Corresponding Author: toktammostaghim@yahoo.com

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