



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی فیله‌های پوشش داده‌شده قزل‌آلای رنگین‌کمان با دانه شنبلیله حاوی اسانس آویشن و پونه کوهی طی نگهداری در یخچال

سمیرا صباغ‌پور^۱، علی معتمدزادگان^۲، سید احمد شهیدی^{۳*}، آزاده قربانی حسن‌سرای^۴

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۴- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

کلمات کلیدی:

پلی ساکارید،
پوشش خوراکی،
زمان ماندگاری،
قزل‌آلای رنگین‌کمان

این پژوهش جهت بررسی اثر پوشش پلی‌ساکارید دانه شنبلیله حاوی عطرهای آویشن و پونه کوهی به میزان (۱، ۱/۵، ۲٪) به‌عنوان مواد نگهدارنده طبیعی بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در دمای یخچال بر اساس بار میکروبی، ارزیابی‌های شیمیایی و خصوصیات حسی انجام پذیرفت. بدین منظور فیله ماهی تحت ۸ تیمار به مدت ۱۶ روز در دمای یخچال نگهداری و تغییرات pH، پراکسید، تیوباریتوریک اسید، تری‌متیل‌آمین، بازهای نیتروزنی فرار، آنالیز میکروبی و ارزیابی‌های حسی صورت پذیرفت. با توجه به استانداردهای شمارش کلی باکتری‌ها، مجموع بازهای ازته فرار، میزان تری‌متیل‌آمین و هم‌چنین ارزیابی حسی، نمونه‌های شاهد بعد از ۴ روز از حدود استاندارد تجاوز کردند (پس از ۱۶ روز نگهداری شمارش کلی باکتری‌ها $9/3 \log cfu/g$ ، شمارش کلی باکتری‌های سرمادوست $8/3 \log cfu/g$ ، پراکسید $6/4 \text{ meq/kg}$ ، تغییرات TBA معادل $0/95 \text{ mgMDA/kg}$ ، مجموع بازهای ازته فرار 41 N/100g ، میزان تری‌متیل‌آمین 13 mg/100g و پذیرش کلی $2/5$) درحالی‌که این میزان برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهای پونه کوهی ۱۲ روز (پس از ۱۶ روز نگهداری به ترتیب $7/8 \log cfu/g$ ، $7 \log cfu/g$ ، 4 meq/kg ، $0/43 \text{ mgMDA/kg}$ ، 21 N/100g ، میزان تری‌متیل‌آمین $6/5 \text{ mg/100g}$ و پذیرش کلی ۵) و برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهای آویشن، ۱۶ روز بود (پس از ۱۶ روز نگهداری به ترتیب $7/5 \log cfu/g$ ، $6 \log cfu/g$ ، $4/6 \text{ meq/kg}$ ، $0/49 \text{ mgMDA/kg}$ ، 15 N/100g ، میزان تری‌متیل‌آمین $5/2 \text{ mg/100g}$ و پذیرش کلی ۶).

DOI: 10.48311/fsct.2026.84061.0

* مسئول مکاتبات:

sashahidy@yahoo.com

sa.shahidi@iau.ac.ir

۱-مقدمه

غذاهای دریایی نقش مهمی در رژیم غذایی انسان‌ها ایفا می‌کنند که به دلیل پروتئین با قابلیت هضم راحت، کالری و اسیدهای چرب مفید امگا ۳ ارزش غذایی بالایی دارند [۱].

باین‌حال، فسادپذیری ماهی به دلیل وجود اسیدهای چرب غیراشباع و آنزیم‌هایی که می‌توانند منجر به اکسیداسیون و در نتیجه تغییر در طعم و کیفیت شوند، چالش‌هایی را ایجاد می‌کند [۲]. اکسیداسیون منجر به تولید ترکیبات فرار مانند هیدروپراکسیدها، اسیدهای چرب، کتون‌ها و غیره می‌شود که خواص حسی را تغییر می‌دهند [۳ و ۴]. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مطلوب‌ترین ماهیان پرورشی در ایران بوده که تقاضای مصرف آن روزبه‌روز در حال افزایش است. البته یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این ماهی، عرضه تازه و غیر منجمد آن است. با توجه به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان، به‌طور کلی تقاضا برای ماهی تازه نسبت به ماهی منجمد افزایش یافته است [۵]؛ اما با توجه به فسادپذیری بالای ماهی، نگهداری غیر منجمد آن سبب کاهش قابل‌توجه زمان ماندگاری آن می‌گردد؛ زیرا کاهش دما از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش زمان ماندگاری ماهی می‌باشد [۶]. قزل‌آلای رنگین‌کمان جزء ماهیان چرب می‌باشد و کاهش کیفیت در ماهیان چرب در مرحله اول به خاطر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد [۷]؛ بنابراین در نگهداری کوتاه‌مدت گوشت ماهی، انجماد نه تنها هزینه بالایی را تحمیل خواهد کرد، بلکه بازارپسندی آن را نیز کاهش می‌دهد. با توجه به میزان تولید و مصرف بالای ماهی قزل‌آلای در ایران اقداماتی در جهت تنوع محصول و افزایش دوره ماندگاری آن همراه با حفظ کیفیت ضرورت یافته، در همین راستا یکی از روش‌های نوین نگهداری استفاده از پوشش‌های زیستی پلی‌ساکارید در بسته‌بندی می‌باشد.

بسته‌بندی از طریق پوشش‌های خوراکی و پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد

میکروبی می‌تواند از محصولات غذایی دریایی در برابر بخارآب، گازها، آسیب‌های مکانیکی و شیمیایی و فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها محافظت کند [۸]. کاربرد پلی‌ساکاریدهای استخراجی امروزه به‌طور گسترده‌ای توسعه یافته است که دلیل اصلی آن ایمنی و ارزانی و در دسترس بودن آنها می‌باشد. پلی‌ساکاریدها ترکیباتی با وزن مولکولی بالا هستند که می‌توانند به راحتی در آب حل شده یا تحت شرایط مناسب پراکنده شوند [۹]. این ترکیبات از منابع مختلف گیاهی و حیوانی قابل‌استخراج هستند. باین‌حال، استفاده از مواد تک پوشش ممکن است الزامات عملی لازم برای حفاظت را فراهم نکند، و ترکیب چند ماده با پلی‌ساکاریدها، خواص عملکردی و فیزیکی پوشش را افزایش می‌دهد [۱۰].

منابع گیاهی بیشترین کاربرد را از جهت استخراج ترکیبات هیدروکلئید دارند و یکی از این منابع می‌تواند دانه شنبلیله باشد. شنبلیله با نام علمی *L. Trigonella foenum-graceum* یک گیاه علفی یک‌ساله از تیره *Legouminosae* است که بومی شرق مدیترانه است. مواد تشکیل‌دهنده اصلی دانه شامل ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و فیبرهای موسیلاژی (۵۰ درصد) می‌باشند. شنبلیله خنثی است و حاوی گالاتومانان و کمی گزین است [۱۱]. با توجه به مضراتی همچون سرطان‌زایی و اثرات سرطان‌زایی نگره‌دارنده‌های شیمیایی و همچنین افزایش آگاهی مردم، امروزه تصویری منفی از افزودنی‌های سنتتیک به مواد غذایی در مصرف‌کنندگان ایجاد شده است و تمایل به نگره‌دارنده‌های طبیعی جهت افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی افزایش یافته است. به همین دلیل اخیراً استفاده از عصاره‌ها و عطرمايه‌های گیاهی به‌عنوان نگره‌دارنده موردتوجه خاصی قرار گرفته است. اهمیت استفاده از این محصولات برای بسته‌بندی مواد غذایی با غنی‌سازی فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی با عوامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی دو چندان شده است [۱۲]. سیستم‌های پوشش چند ماده‌ای به‌عنوان یک

رسوب با سانتریفیوژ (HeHieh, Universal 320R, آلمان) با دور ۵۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه جمع‌آوری شد، با اتانول بی آب و استون شسته شد و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تا وزن ثابت خشک شد.

بر اساس آزمایش‌های انجام‌شده فیلم مناسبی از پلی‌ساکارید به تنهایی تولید نشد بنابراین پلی‌ساکارید به صورت تلفیقی همراه با ژلاتین [۱۶ و ۱۷] برای تهیه فیلم آماده گردید. ریخت‌پذیرکننده مورد استفاده در این کار گلیسرول (مرک، آلمان) و سوربیتول (مرک، آلمان) بودند. ابتدا حلال و پلیمر با کمک یک مگنت و بر روی یک هیتز در دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط شدند. سپس ریخت‌پذیرکننده و عطرمايه لازم (آویشن یا پونه کوهی، کیمیا عصاره شرق، ایران) اضافه گردیده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به هم‌زده شد و پس از خنک شدن به مدت ۱۵ دقیقه در آن خلأ قرار داده شده تا عمل حباب زدایی انجام شود.

۲-۱-۲- پوشش دهی فیله‌های ماهی

فیله‌ها به صورت تصادفی در ۸ گروه تقسیم شدند. گروه اول بدون پوشش و به عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند. گروه دوم فیله‌هایی بودند که با پوشش تهیه‌شده از پلی‌ساکارید دانه شنبلیله پوشش دهی شدند. گروه سوم، چهارم و پنجم فیله‌های پوشش دهی شده با پوشش حاوی ۱، ۱/۵ و ۲٪ عطرمايه آویشن و گروه ششم، هفتم و هشتم فیله‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۱، ۱/۵ و ۲٪ عطرمايه پونه کوهی پوشش دهی شدند. کلیه آزمایش‌های میکروبی، شیمیایی و حسی در روزهای ۱، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ از دوره نگهداری بر روی هر ۸ گروه انجام شد.

۲-۲- آنالیز نمونه‌ها

۲-۲-۱- اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH ۱۰ گرم نمونه را در ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر هموژنیزه کرده و با وارد کردن الکتروود pH متر

نوع بسته‌بندی فعال به عنوان یک رویکرد امیدوارکننده پدید آمده‌اند. در این تکنیک خواص پوششی بهبود یافته‌ای مانند کاهش تخریب بافت، افزایش استحکام مکانیکی، افزایش ماندگاری و موانع بالاتر برای آب و گازها فراهم می‌شود [۱۳ و ۱۴]. یکی از مهم‌ترین گیاهانی که دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی و قارچی قابل توجهی است، آویشن و پونه کوهی می‌باشد؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر پوشش پلی‌ساکارید دانه شنبلیله حاوی عطرمايه آویشن و پونه کوهی در افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در یخچال می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی ماهی

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از یکی از مزارع پرورش ماهی در شهرستان بابلسر (ایران) خریداری شده و با استفاده از جعبه‌های حاوی یخ در حداقل زمان ممکن به آزمایشگاه صنایع غذایی منتقل گردید. بعد از عملیات مربوط به تخلیه شکمی و سرزنی، سه فیله از هر ماهی تهیه شد؛ مجموع این عملیات با دست صورت گرفت.

۲-۱-۱- تهیه پوشش

پلی‌ساکاریدهای دانه شنبلیله (بابل، ایران) با روش بهینه صباغ‌پور و همکاران [۱۵] استخراج شدند. ۱۰۰ گرم پودر خشک دانه شنبلیله با هگزان در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت چربی زدایی شد. برای استخراج با اولتراسوند (حمام اولتراسوند، GTsonic ST13، چین) نسبت مایع به حلال (۱۴/۶ میلی‌لیتر بر گرم)، دمای استخراج (۶۵ درجه سانتی‌گراد) و زمان استخراج (۴۳ دقیقه) در نظر گرفته شد. پس از استخراج، محلول از طریق یک پارچه یک لایه با مش ۴۰ صاف شد و سپس در اوپراتور چرخشی (102/202, Steroglass S.R.L، ایتالیا) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ شدند و سپس با افزودن اتانول (مرک، آلمان) به غلظت نهایی ۸۰٪، پلی‌ساکارید رسوب کرد.

(ISTEK.Inc، کره جنوبی) در مخلوط، pH اندازه‌گیری شد [۱۸].

دستگاه اسپکتروفتومتر (UV2100، تایوان) تغییر رنگ ایجادشده در طول موج ۴۱۰ نانومتر قرائت شد [۲۰].

۲-۲-۲- تعیین میزان پراکسید (PV)

ابتدا ۱۵۰ گرم نمونه با ۲۵۰ سی سی کلروفرم (مرک، آلمان) مخلوط شده و با استفاده از یک صافی فیلتر شده و محلول صاف‌شده از صافی دیگری که تا نیمه با سولفات سدیم خشک (مرک، آلمان) پر شده، عبور داده شد. ۲۵ سی سی از محلول صاف شده را برداشته و ۳۷ سی سی اسید استیک گلاسیال (مرک، آلمان) و ۱ سی سی یدید پتاسیم اشباع (مرک، آلمان) اضافه کرده و بعد از ۱ دقیقه، ۳۰ سی سی آب مقطر و کمی چسب نشاسته به آن اضافه شد. در ادامه ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال (مرک، آلمان) تا ظهور رنگ شیری تیتیر شد و مقدار پراکسید بر حسب میلی اکسی والان گرم در کیلوگرم ماده چرب طبق رابطه زیر محاسبه شد [۱۹].

$$PV = \frac{\text{حجم تیوسولفات مصرفی} \times \text{نرمالیه} \times 1000}{\text{وزن نمونه}}$$

۲-۲-۳- تعیین میزان تری‌متیل‌آمین

ابتدا عصاره ماهی (با استفاده از تری‌کلرواستیک اسید ۵٪ (مرک، آلمان) و سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه و ۲۵۰۰ دور) تهیه شد. یک میلی‌لیتر از عصاره و یک میلی‌لیتر فرمالدئید ۱۰٪ (مرک، آلمان) را در لوله آزمایش ریخته آنگاه حجم محلول را با اضافه کردن آب مقطر به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۳ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید پتاسیم ۲۵٪ اضافه شد و با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن حجم نهایی محلول به ۱۸ میلی‌لیتر رسید. سپس لوله را در حمام آب گرم (Memmert GmbH، آلمان) در دمای ۳۰ درجه به مدت ۵ دقیقه قرار دادیم. لوله‌ها را خارج کرده و ۴۰-۶۰ بار تکان می‌دهیم و به مدت ۱۰ دقیقه در حرارت آزمایشگاه قرار داده تا دو فاز کاملاً از هم جدا شوند و ۲ میلی‌لیتر از فاز بالایی را با ۲ میلی‌لیتر اسیدپیریک ۰/۰۲٪ در لوله‌آزمایش ریخته و با

۲-۲-۴- تعیین میزان تیوباریتوریک اسید (TBA)

۱۰ گرم نمونه با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲ دقیقه هم زده شد و سپس در فلاسک تقطیر، با ۴۷/۵ میلی‌لیتر آب شست‌وشو شده و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک (مرک، آلمان) ۴ مولار برای رساندن pH آن به ۱/۵ اضافه گردید و ضد کف هم اضافه شد. فلاسک حرارت داده شد تا ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در عرض ۱۰ دقیقه از زمان جوش به دست آمد. ۵ میلی‌لیتر از محلول تقطیر شده و ۴ میلی‌لیتر معرف TBA (مرک، آلمان) به لوله دردار منتقل گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در آب در حال جوش حرارت داده شد. سپس لوله‌ها در آب به مدت ۱۰ دقیقه سرد گردید سپس جذب در ۵۳۸ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (UV2100، تایوان) قرائت شد [۲۱].

۲-۲-۵- تعیین میزان بازهای نیتروژنی فرار کل

به روش کلدال و با قرار دادن ۱۰ گرم نمونه بعلاوه ۲ گرم اکسید منیزیم (مرک، آلمان) و افزودن ۵۰ سی سی آب مقطر داخل بالن و در نهایت جمع‌آوری بازهای ازته فرار در داخل محلول شامل اسیدبوریک ۲٪ (مرک، آلمان) و متیل‌رد (مرک، آلمان) به‌عنوان شاخص و تیتیر محلول حاصله با اسید سولفوریک (مرک، آلمان) تا حاصل شدن رنگ ارغوانی انجام شد و به‌صورت میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم ماهی بیان گردید [۲۲].

۲-۲-۶- آنالیز باکتریایی

برای آزمایش میکروبی ۱۰ گرم از نمونه گوشت فیله در شرایط استریل با ۹۰ میلی‌لیتر محلول نمک طعام ۰/۸۵ درصد مخلوط و هم‌وزن شد. سپس با استفاده از آب پیتونه و رقت‌های ۱ به ۱۰ سری رقت‌های موردنیاز تهیه شد (تا رقت ۱۰^۶). ۱ میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش پورپلیت مورداستفاده قرار گرفت.

۳-۱- بررسی بار میکروبی کل و سرمادوست

تعداد کل باکتری‌های زنده (TVC) فیله‌های ماهی در شکل ۱ آمده است. تعداد اولیه باکتری‌ها $3/5 \log \text{cfu/g}$ بود. بعد از روز چهارم تا پایان دوره (۱۶ روز) بار میکروبی کل در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های خالص کمتر از نمونه‌های شاهد بود، اگرچه این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. بعد از ۸ روز از زمان نگهداری، بار میکروبی کل در فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به $7/6 \log \text{cfu/g}$ رسید، درحالی‌که این میزان برای فیله‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های خالص پلی‌ساکارید کمتر از $7 \log \text{cfu/g}$ بود. برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی غلظت‌های مختلف عطرمايه نیز مانند نمونه‌های شاهد بار میکروبی کل با افزایش زمان ماندگاری افزایش یافت اما این افزایش با شیب کمتری به دست آمد. بیشترین ممانعت از رشد میکروارگانیسم‌ها، در مورد نمونه‌هایی بود که با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمايه آویشن پوشش دهی شده بودند. شمار کلی باکتری‌ها در نمونه‌های حاوی ۲٪ عطرمايه آویشن در طول دوره ماندگاری کمتر از میزان مجاز استاندارد یعنی $7 \log \text{cfu/g}$ بود. در مورد فیله‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمايه پونه کوهی اگرچه میزان بار میکروبی کل نسبت به نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمايه آویشن بیشتر بود اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). گتینیتی و کوپان (۲۰۱۳) نتایج مشابهی را در مورد مهار رشد میکروبی توسط فیلم‌های کیتوزان حاوی عطرمايه آویشن در ماهی اتوبوسی گزارش کردند [۲۶]. بعلاوه هارپاس و همکاران (۲۰۰۳) یک کاهش در تعداد کل باکتری‌ها در ماهی باس آسیایی گزارش کردند [۲۷]. ترکیب کارواکرول و تیمول موجود در عطرمايه‌های آویشن و پونه کوهی می‌تواند با تجزیه لیپولی ساکارید غشا سلولی باکتری و افزایش نفوذپذیری غشا سیتوپلاسمی به مولکول ATP باعث بی‌ثباتی غشا خارجی و مرگ باکتری شود [۲۸]. هر دو عطرمايه آویشن و پونه کوهی دارای میزان زیادی ترکیبات فنولیک

شمارش تعداد باکتری‌های کل (Total Viable Counts) و باکتری‌های سرماگرا (Psychrotrophic Bacterial Counts) در محیط Plate Count Agar (سیگما آلدریج، آلمان) به ترتیب در دماهای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ روز گرمخانه‌گذاری (JNB400, Memmert GmbH, آلمان) و ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز با شمارش کلنی‌های موجود روی پلِت انجام گرفت [۲۳].

۲-۲-۷- ارزیابی حسی

کیفیت حسی فیله‌های ماهی توسط ۵ ارزیاب آموزش‌دیده از کارشناسان آزمایشگاه‌های گروه صنایع غذایی مورد ارزیابی قرار گرفت. داورها بدون دانستن نوع تیمار آزمایشی و فقط با مشخص کردن کدهای ۳ رقمی که به صورت تصادفی نوشته شده بود انجام شد. ارزیاب‌ها خصوصیات حسی نمونه‌ها را از لحاظ پذیرش کلی با استفاده از مقیاس امتیازدهی ۹ نقطه‌ای که ۱ کمترین امتیاز و ۹ بیشترین امتیاز بود ارزیابی کردند. نمونه‌های با امتیاز کمتر از ۴ به عنوان نمونه غیرقابل پذیرش تعریف شد [۲۴].

۲-۳- آنالیز آماری

برای همه‌ی آزمایش‌های انجام شده سه تکرار در نظر گرفته شد. نتایج به صورت مقادیر میانگین بیان شده‌اند. اختلاف بین مقادیر در نمونه‌ها با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح آماری ($P < 0/05$) آنالیز و معنی‌دار گردید و آنالیزهای ذکر شده توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده گردید. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار شناخته شد از آزمون دانکن استفاده گردید. همچنین به منظور بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات حسی نمونه‌ها از آزمون کوروسکال والیس برای پیدا نمودن اختلاف معنی‌دار در بین نتایج حاصل از آزمون‌های حسی تیمارهای مورد آزمایش استفاده گردید [۲۵].

۳- نتایج و بحث

مانند تیمول و کارواکرول و میزان کمتری ترکیبات ترپنی
مانند پ-سیمن و گاما ترپنین هستند.

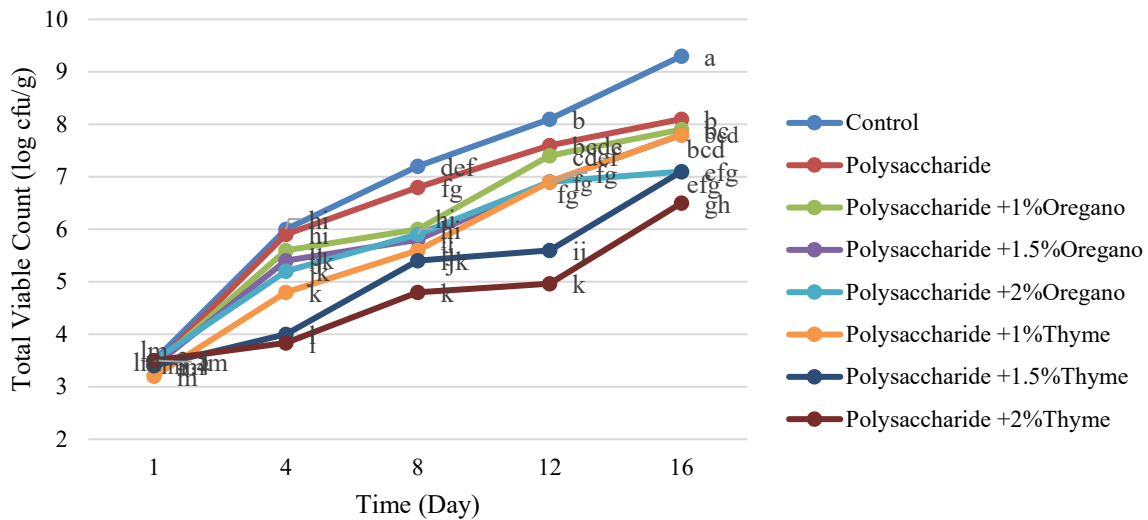


Fig 1. Changes in TVC of fish samples during storage.

سرمادوست در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۰.۲٪ عطرمایه پونه کوهی یا آویشن به‌طور معنی‌داری از نظر آماری ($P < 0.05$) کمتر از نمونه شاهد بود. نتایج مشابه توسط اجاق و همکاران، (۲۰۰۹) در ارتباط با بازدارندگی مناسب پوشش‌های کیتوزان که با عطرمایه دارچین ترکیب شده بودند بر روی شمار کلی باکتری‌های سرمادوست در فیله‌های ماهی قزل‌آلا گزارش شد [۲۳].

باکتری‌های سرماگرا (PTC) در ابتدای زمان نگهداری $\log$ بود که این میزان به‌سرعت تا $3/1 \log \text{cfu/g}$ و $8/3 \log \text{cfu/g}$ به ترتیب در روزهای ۸ و ۱۶ دوره نگهداری افزایش یافت (شکل ۲).

نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های پلی‌ساکارید باکتری‌های سرمادوست را به میزان کمتر سیکل لگاریتمی نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش دادند. شمار باکتری‌های

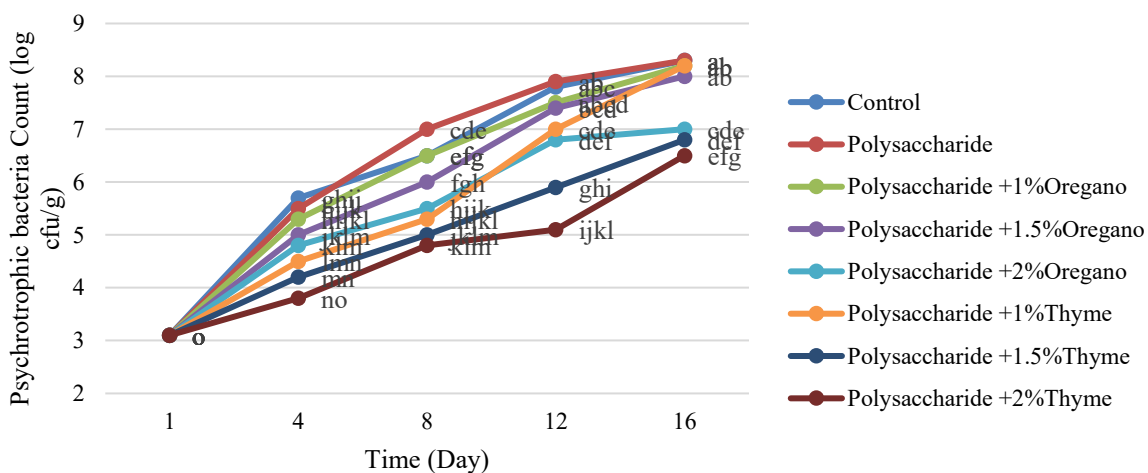


Fig 2. Changes in PTC of fish samples during storage.

۳-۲- تغییرات pH فیله‌ها

تغییرات pH فیله‌های ماهی در شکل ۳ نشان داده شده است. pH اولیه فیله‌ها ۶/۴ بود که با مقدار گزارش شده توسط آراشیسار و همکاران (۲۰۰۴) و گیمنز و همکاران (۲۰۰۲) در تطابق بود [۲۹ و ۳۰]. pH فیله‌ها با افزایش زمان نگهداری تا روز چهارم کاهش یافت. این کاهش می‌تواند با فرایند گلیکولیز ماهی پس از مرگ ماهی مرتبط باشد [۳۱]. نتایج مشابهی در بررسی‌های انجام شده بر روی ماهی سرطلا و صدفی شکل [۳۲ و ۳۳] گزارش شده بود. پس از ۴ روز دوره نگهداری pH فیله‌های ماهی با افزایش زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری از نظر آماری افزایش یافت ($P < 0.05$). این

افزایش pH به دلیل افزایش بازهای فرار تولید شده مانند آمونیاک و تری‌متیل‌آمین، متابولیت‌های درونی و باکتریایی و یا آنزیم‌های میکروبی در بافت فیله‌های ماهی است [۳۳]. این افزایش pH اثر منفی بر روی خواص کیفی محصول مخصوصاً بو، رنگ و بافت در طول دوره نگهداری دارد [۳۲]. کمترین تغییرات pH در طول دوره نگهداری مربوط به نمونه‌هایی بود که با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهایه آویشن پوشش دهی شده بودند. این نتیجه می‌تواند تأییدی بر نتایج آزمایش‌های میکروبی باشد. پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهایه آویشن بیشترین اثر ضد میکروبی را بر میکروارگانیسم‌های موجود بر روی ماهی داشتند.

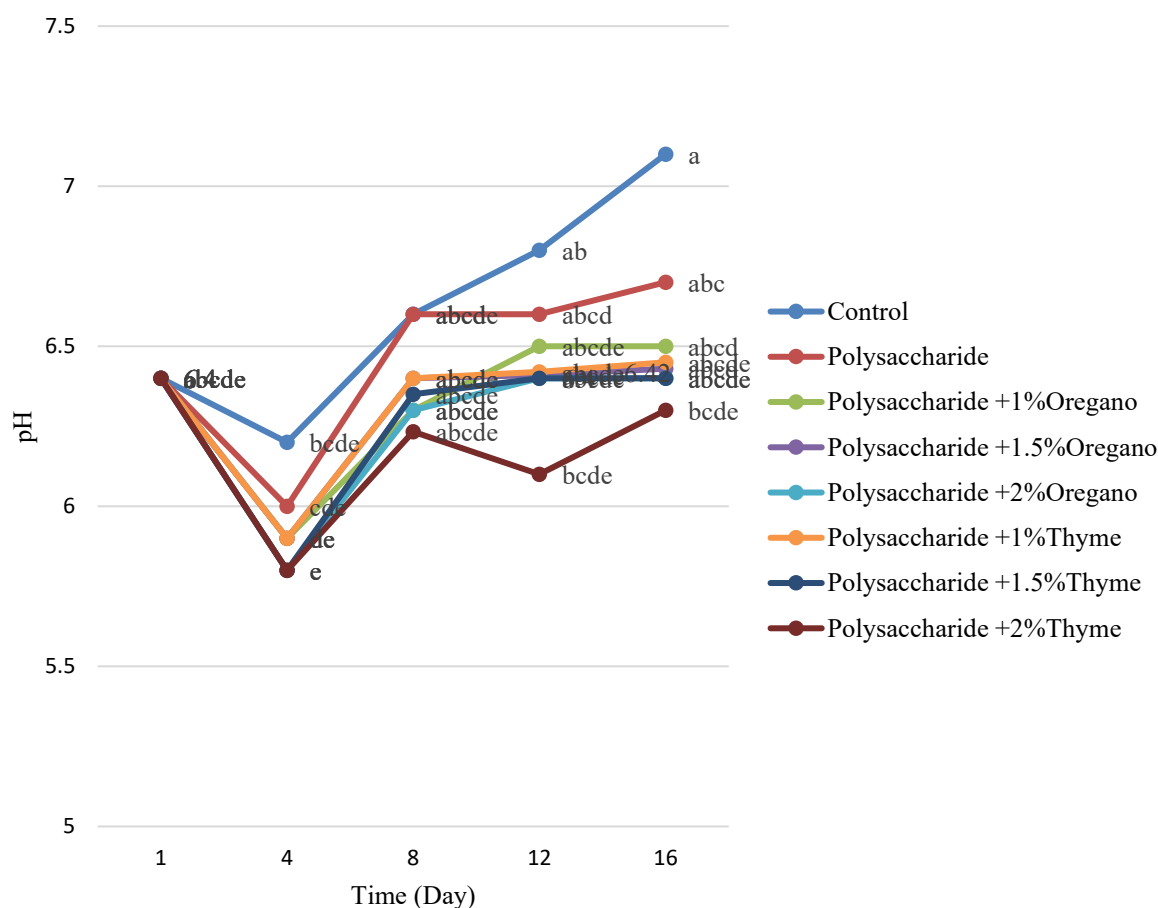


Fig 3. Changes in pH of fish samples during storage.

۳-۳- تغییرات میزان پراکسید در نمونه‌های فیله ماهی

تغییرات عدد پراکسید ماهی در شکل ۴ آورده شده است. میزان اولیه عدد پراکسید نمونه‌های فیله ماهی قزل‌آلا ۱/۲۶ میلی‌اکی‌والان پراکسید در کیلوگرم نمونه ماهی بود. در روز

عدد پراکسید در نمونه‌های شاهد در ۱۶ روز نگهداری در دمای یخچال کمتر از ۱۰ میلی‌اکی‌والان گرم در کیلوگرم بافت ماهی بود که این موضوع می‌تواند به این علت باشد که فیله‌ها در یخچال در تاریکی و به دور از نور نگهداری شد. این شرایط باعث می‌شود که عطرهای حتی در غلظت پایین (۱٪) هم باعث جلوگیری از پیشرفت اکسیداسیون شوند. بعد از ۱۲ روز از دوره نگهداری عدد پراکسید در نمونه‌های شاهد کاهش یافت، این موضوع شاید به دلیل شکست هیدروپراکسیدها یا واکنش آن‌ها با پروتئین‌های بافت ماهی باشد [۳۴]. زمان نگهداری اثر معنی‌داری روی عدد پراکسید ماهی داشت ($P < 0.05$). نتایج این پژوهش با نتایج به‌دست آمده از پژوهش اجاق و همکاران (۲۰۰۹) که گزارش کردند فیلم‌های کیتوزان حاوی عطرهای دارچین در جلوگیری از پیشرفت اکسیداسیون چربی ماهی در مراحل اول مؤثر بود مطابقت داشت [۲۳].

اول نگهداری اختلافی بین عدد پراکسید نمونه‌ها نبود ($P < 0.05$). در طول دوره نگهداری عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری از نظر آماری افزایش یافت ($P < 0.05$). عدد پراکسید در نمونه‌های فیله پوشش دهی شده با پوشش‌های خالص به‌طور معنی‌داری از لحاظ آماری کمتر از نمونه‌های شاهد بود که این نتیجه نشان می‌دهد پوشش‌های تهیه‌شده از پلی‌ساکارید دانه شنبلیله به دلیل وجود فعالیت آنتی‌اکسیدانی مناسب از اکسیداسیون آن جلوگیری می‌نماید. نتایج نشان داد که پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهای پونه کوهی بیشترین اثر را در کاهش سرعت اکسیداسیون در مراحل اولیه داشت. در روز ۱۶ دوره نگهداری عدد پراکسید در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش حاوی ۲٪ پونه کوهی ۴۳٪ کمتر از این عدد برای نمونه شاهد بود. این موضوع می‌تواند به میزان بالای کارواکرول (۸۱/۸۵٪) در عطرهای پونه کوهی مربوط باشد.

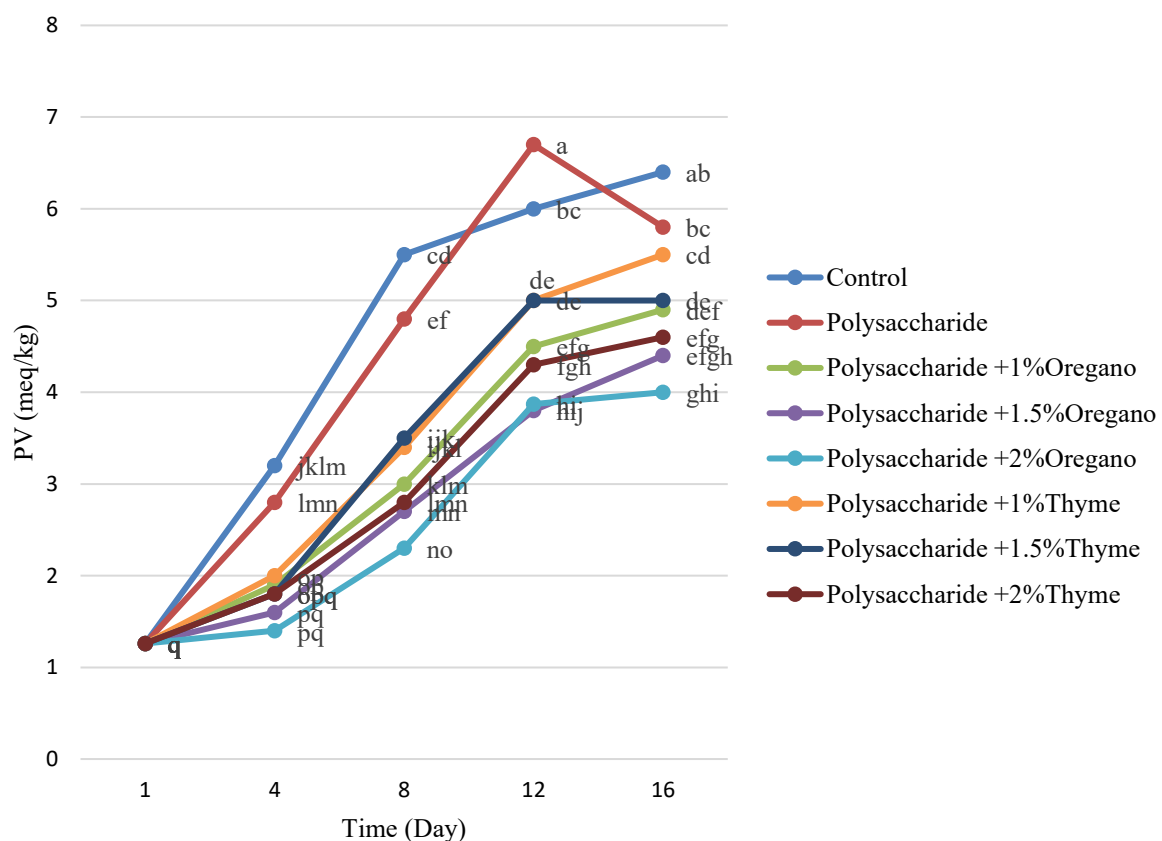


Fig 4. Changes in PV of fish samples during storage.

۳-۴- تغییرات TBA فیله‌ها

تغییرات TBA فیله‌های ماهی در شکل ۵ نشان داده شده است. میزان TBA اولیه نمونه‌ها 0.12 mgMDA/kg بود که مقادیر گزارش شده توسط اجاق و همکاران (۲۰۱۰) و رضایی و همکاران (۲۰۰۸) مشابهت داشت [۲۳ و ۳۵]. مقدار TBA نمونه شاهد و پوشش دهی شده طی دوره نگهداری افزایش یافت. در پایان دوره نگهداری (۱۶ روز) میزان TBA نمونه‌های شاهد، پوشش دهی شده با پوشش خالص پلی‌ساکارید و نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرماهی آویشن و ۲٪ پونه کوهی به ترتیب 0.95 ، 0.89 ، 0.49 و 0.43 میلی‌گرم مالون آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی بود. بیان شده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی عطرماهی‌ها به مکانیسم‌های مختلفی مانند

جلوگیری از آغاز ایجاد رادیکال، محدود کردن انتقال کاتالیزهای یونی فلزی، تجزیه پراکسیدها و برهم‌کنش با رادیکال‌های آزاد بستگی دارد [۳۶ و ۳۷]. افزایش TBA در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی عطرماهی پونه کوهی نسبت به نمونه‌های شاهد کمتر بود. پونه کوهی به دلیل دارا بودن اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدهای بالا، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است [۳۸ و ۳۹]. فرناندز و همکاران (۱۹۹۷) نشان داد که TBA به دلیل چندین برهم‌کنش بین مالون آلدئید و اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، گلوکز و دیگر ترکیبات موجود در فیله ماهی در طول دوره ماندگاری نرخ اکسیداسیون واقعی چربی را نشان نمی‌دهد [۳۹]. این ممکن است کاهش TBA را بعد از روز ۱۲ دوره نگهداری در نمونه‌های فیله ماهی توضیح دهد.

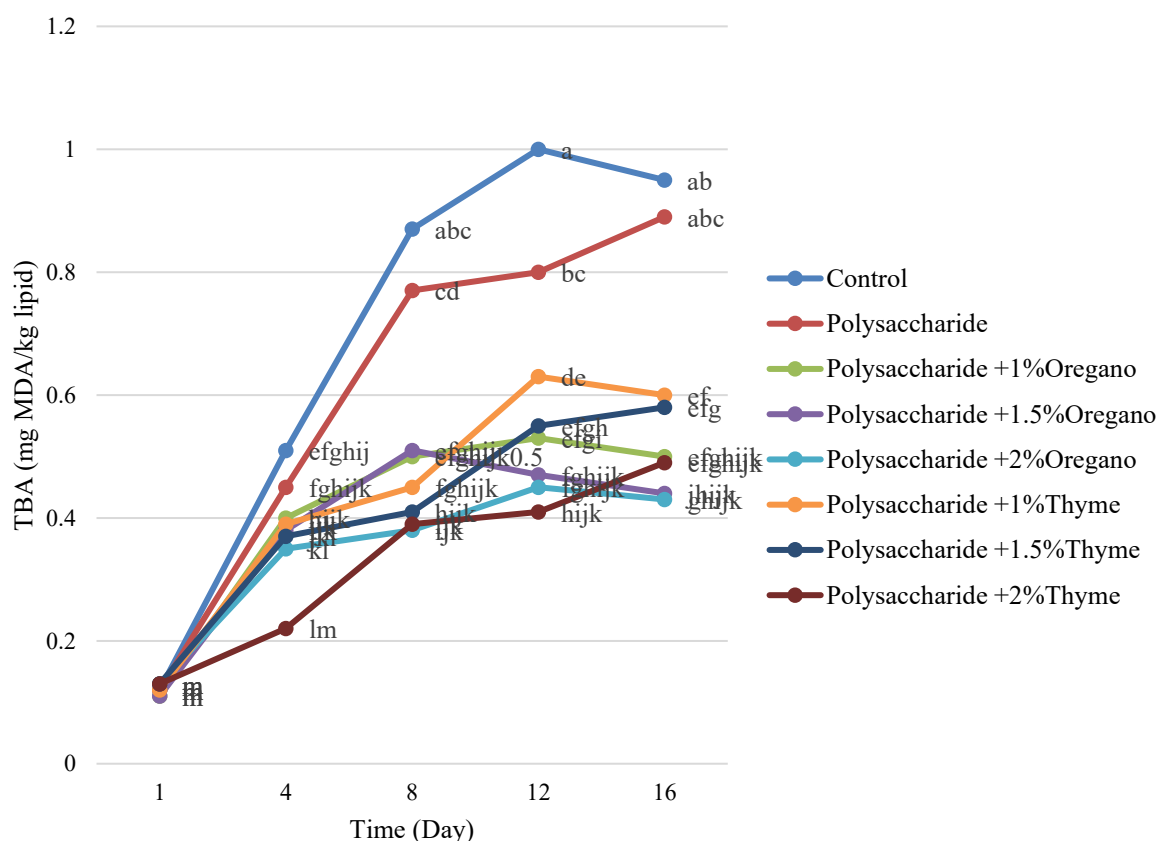


Fig 5. Changes in TBA of fish samples during storage

۳-۵- تغییرات مجموع بازهای نیتروژنه فرار (TVB-N)

افزایش TVB-N برای تمام نمونه‌ها در دوره نگهداری در

شکل ۶ نمایش داده شده است. مقادیر اولیه TVB-N (TVB-N)

فیله‌ها

میزان TVB-N برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی غلظت‌های مختلف عطرهای در طول دوره نگهداری کمتر از میزان $25\text{mgN}/100\text{g}$ بود، درحالی‌که نمونه‌های شاهد و بسته‌بندی‌شده با پوشش‌های خالص پلی‌ساکارید به ترتیب بعد از ۸ و ۱۲ روز به میزان قابل قبول ($25\text{mgN}/100\text{g}$) رسید (شکل ۶). در پایان دوره نگهداری (روز ۱۶) کمترین میزان ($15\text{TVB-N mgN}/100\text{g}$) در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرهای آویشن در مقایسه با نمونه‌های شاهد ($41\text{mgN}/100\text{g}$) دیده شد ($P < 0.05$). کمتر بودن میزان TVB-N در نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی عطرهای آویشن می‌تواند با فعالیت میکروبی بالاترین پوشش‌ها مرتبط باشد [۴۳]. عطرهای آویشن و پونه کوهی با کاهش رشد میکروبی و یا کاهش ظرفیت باکتری‌ها برای د-آمیناسیون اکسیداتیو ترکیبات نیتروژنه غیرپروتئینی [۴۴] می‌تواند باعث جلوگیری از افزایش TVB-N شود.

نشان‌دهنده کیفیت مناسب فیله‌های ماهی قزل‌آلا و در هماهنگی با بار میکروبی کلی نسبتاً کم آن ($3/5\log\text{cfu/g}$) است. میزان اولیه TVB-N برای نمونه‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان در پژوهش ما از میزان گزارش‌شده توسط آراشیسار و همکاران در سال ۲۰۰۴ ($8 > \text{mgN}/100\text{g}$) بیشتر [۲۴] و از مقدار گزارش‌شده توسط اجاق و همکاران (۲۰۰۹) ($9/12-33/13 \text{ mgN}/100\text{g}$) کمتر بود [۲۳]. ماهی حاوی چندین نوع باکتری در سیستم گوارشی و آنزیم‌های هضم‌کننده قوی در طول دوره‌های خوراک‌دهی است که ممکن است عامل اتولیز سریع در دوره نگهداری پس از مرگ باشد [۴۰]. مقدار TVB-N برابر با $35\text{mgN}/100\text{g}$ به‌عنوان محدوده شروع فساد اولیه در ماهی تازه توسط کمیسیون اتحادیه اروپا پیشنهاد شده است [۴۱]. گیمنز و همکاران (۲۰۰۲) و مازنیوم و همکاران (۲۰۰۲) پیشنهاد کرده‌اند که میزان $25\text{mgN}/100\text{g}$ به‌عنوان نقطه شروع فساد به ترتیب برای نمونه‌های فیله ماهی قزل‌آلا و اسلایس‌های ماهی اتوبوس دریایی تعیین می‌شود [۳۰ و ۴۲]. در این پژوهش

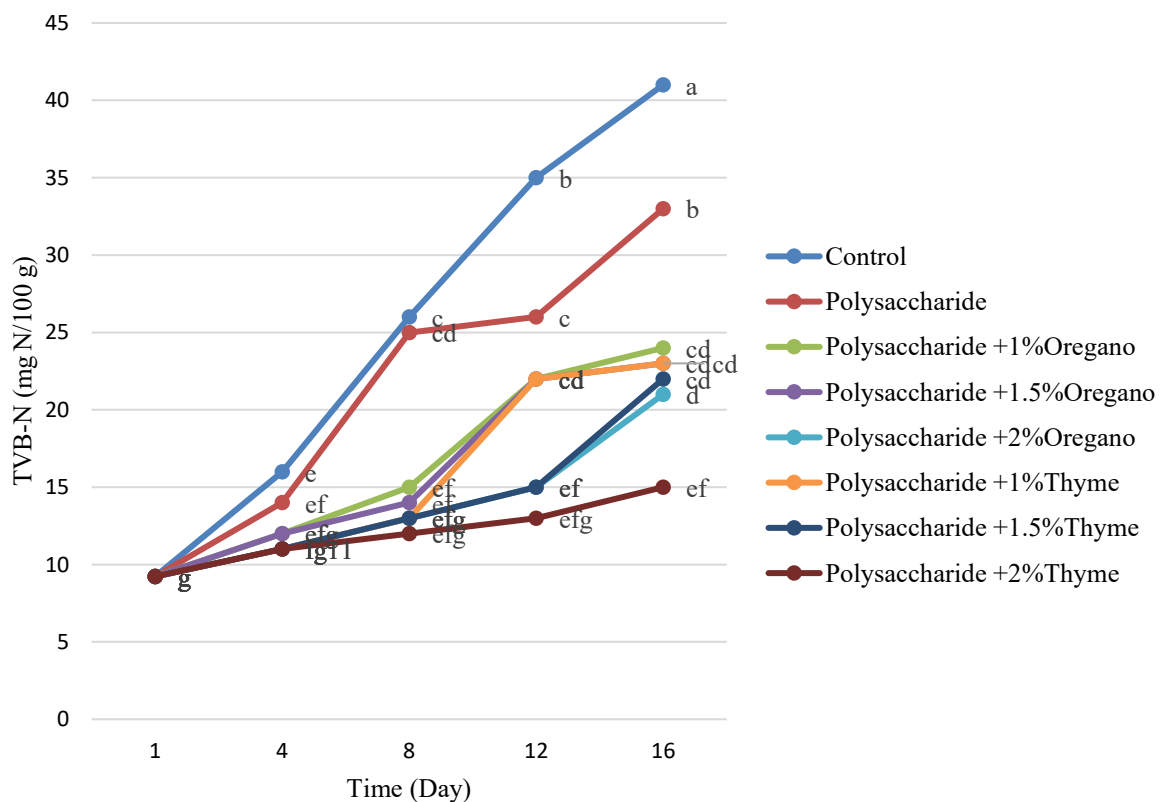


Fig 6. Changes in TVB-N of fish samples during storage.

۳-۶- تغییرات تری متیل آمین (TMA-N) فیله‌ها

نمونه‌های شاهد و نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های خالص در روز ۸ و نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمایه آویشن در روز ۱۶ از دوره نگهداری مردود شدند. نمونه‌های پوشش دهی شده در طول دوره نگهداری هیچ‌گونه تفاوتی را از لحاظ میزان TMA-N با نمونه‌های شاهد نداشتند. این موضوع نشان‌دهنده این بود که پوشش‌های خالص پلی‌ساکارید هیچ‌گونه اثری بر کاهش یا ممانعت از افزایش TMA-N در فیله‌ها نداشتند. بر اساس گزارش‌ها دلگارد (۲۰۰۰)، TMA-N و TVB-N مستقیماً با فساد میکروبی در گونه‌های مختلف ماهی در طول دوره نگهداری آن‌ها ارتباط دارند [۴۵]. با توجه به مشاهدات افزایش جمعیت میکروبی با سرعت‌های مختلف در نمونه‌های مختلف در طول دوره نگهداری فیله‌های ماهی، کانل (۱۹۹۰) و سوزا و همکاران (۲۰۱۰) ادعا کردند که تجمع TMA با فعالیت باکتریایی در ارتباط است [۴۰ و ۴۶].

تغییرات میزان TMA-N در فیله ماهی‌ها در طول دوره نگهداری در شکل ۷ نشان داده شده است. میزان اولیه TMA-N در بافت ماهی ۱/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه فیله ماهی بود که نشان‌دهنده کیفیت مناسب فیله‌ها در هماهنگی با میزان بار میکروبی اولیه فیله‌ها ($3/5 \log cfu/g$) بود. TMA-N در تمام نمونه‌ها در طول زمان افزایش یافت. مازنیوم و همکاران (۲۰۰۲) میزان $5 \text{ mgN}/100 \text{ g}$ را به‌عنوان حد مجاز قابل قبول برای فیله ماهی اتوبوس دریایی گزارش کردند [۴۲] در حالی که کیلنک و همکاران (۲۰۰۷) این میزان را $8 \text{ mgN}/100 \text{ g}$ گزارش کردند [۴۴]. در این پژوهش نیز با برآورد صفات حسی و میکروبی میزان $5 \text{ mgN}/100 \text{ g}$ برای نمونه‌های فیله ماهی قزل‌آلا به‌عنوان حد مجاز TMA-N در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن این حد محدودیت،

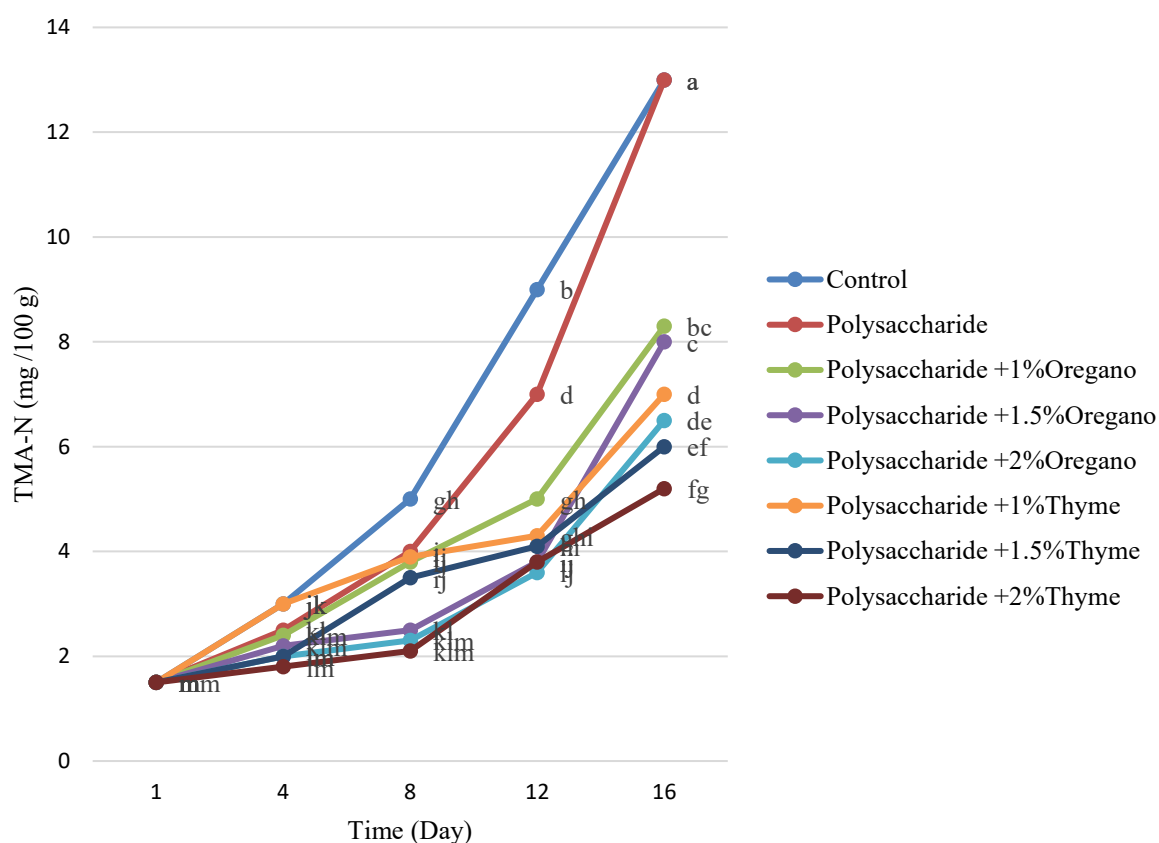


Fig 7. Changes in TMA-N of fish samples during storage.

۷-۳- تغییرات خواص حسی فیلدها در طول زمان نگهداری

نتایج ارزیابی حسی (پذیرش کلی) فیلدها در شکل ۸ نشان داده شده است. در این مطالعه پوشش‌های حاوی عطرمایه آویشن یا پونه کوهی بر روی خواص حسی نمونه‌ها که توسط ارزیاب‌ها بررسی شدند تأثیر منفی نداشتند ($P < 0.05$). نمونه‌های ماهی با امتیاز بالاتر از ۴ می‌تواند موردپذیرش قرار گیرد [۲۴، ۴۴ و ۴۷]. امتیازات حسی کمتر از ۴ از نظر بو در نمونه‌های شاهد، نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش خالص پلی‌ساکارید دانه شنبلیله به ترتیب بعد از ۸ و ۱۲ روز به دست آمد. بعد از ۸ روز از دوره نگهداری، بو در نمونه‌های شاهد غیرقابل قبول شد، درحالی‌که برای نمونه‌های پوشش دهی شده قابل‌پذیرش بود. بر اساس آزمون‌های حسی ماندگاری فیلدها برای نمونه‌های شاهد، پوشش دهی شده با پوشش‌های خالص و پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمایه آویشن یا پونه کوهی به ترتیب ۸، ۱۲ و ۱۶ روز بود. نمونه‌های شاهد دارای بوی ماهی و بافتی نرم‌تر بود، درحالی‌که نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی عطرمایه دارای بوی مطبوع و بافتی سفت‌تر بود. این می‌تواند به خواص عملگر پوشش‌های

حاوی عطرمایه‌ها مانند خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی مربوط باشد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط اجاق و همکاران (۲۰۱۰) در هماهنگی بود، آن‌ها گزارش کردند که فیلم‌های حاوی دارچین می‌تواند کیفیت ماهی را بدون زوال بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی تا پایان دوره ماندگاری (۱۶ روز) حفظ نماید [۲۳]. نتایج مشابهی توسط کیکیدو و همکاران (۲۰۰۹) برای سفره‌ماهی مدیترانه‌ای گزارش شد [۴۸]. آن‌ها مشاهده کردند که نتایج حسی در هماهنگی خوب با نتایج میکروبی در نمونه‌های تیمار شده با عطرمایه ۱٪ آویشن نبود و یک فاصله ۴ روزه بین ماندگاری حسی (۱۲ روز) و ماندگاری میکروبی (۸ روز) وجود داشت. پوشش‌های حاوی ۱.۵ و ۲٪ عطرمایه آویشن و ۲٪ عطرمایه پونه کوهی به دلیل بالا بودن خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، فعالیت‌های میکروبی و واکنش‌های شیمیایی را که مسئول بوی بد فساد بود مهار کردند. مکسس و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که ماندگاری حسی فیلدها قزل‌آلا برای نمونه‌های شاهد ۴ روز، برای نمونه‌های حاوی عطرمایه پونه کوهی ۷-۸ روز و برای نمونه‌های حاوی جاذب اکسیژن ۱۳-۱۴ روز و برای نمونه‌های حاوی عطرمایه پونه کوهی و دارای جاذب اکسیژن ۱۷ روز بود [۴۷].

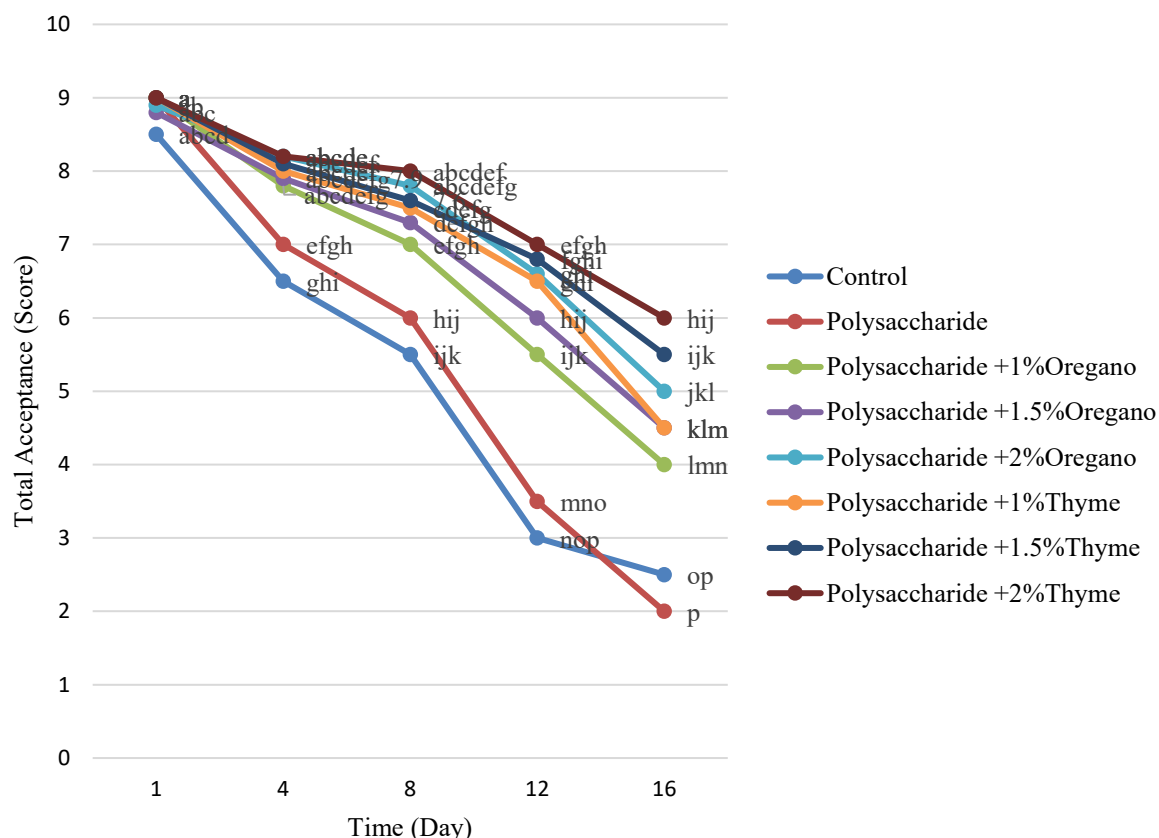


Fig 8. Changes in Sensory properties of fish samples during storage.

۴- نتیجه گیری

مجموع بازهای از ته فرار، میزان تری‌متیل‌آمین و هم‌چنین ارزیابی حسی، نمونه‌های کنترل بعد از ۴ روز از حدود استاندارد تجاوز کردند درحالی‌که این میزان برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمایه پونه کوهی ۱۲ روز و برای نمونه‌های پوشش دهی شده با پوشش‌های حاوی ۲٪ عطرمایه آویشن ۱۶ روز بود. در نتیجه این پژوهش موفق به معرفی پوششی جدید با خصوصیات آنتی‌اکسیدانی مطلوب به دنیای بسته‌بندی گردید.

۵- منابع

- [1] Huyben, D., Sun, L., Moccia, R., Kiessling, A., Dicksved, J., & Lundh, T. (2018). Dietary live yeast and increased water temperature influence the gut microbiota of rainbow trout. *Journal of Applied Microbiology*, 124(6), 1377–1392.
- [2] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., & Montero, P. (2009). Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(1–2), 46–52.
- [3] Ahmadi, N., Ghavami, M., Rashidi, L., Gharachorloo, M., & Nateghi, L. (2024). Effects of adding green tea extract on the oxidative stability and shelf life of sunflower oil during storage. *Food Chemistry: X*, 21, 101168.
- [4] Shahabi Mohammadabadi, S., Goli, M., & Naji Tabasi, S. (2022). Optimization of bioactive compound extraction from eggplant peel by response surface methodology: Ultrasound-assisted solvent qualitative and quantitative effect. *Foods*, 11(20), 3263.

- [5] Barat, J.M., Gallart-Jornet, L., Andres, A., Akse, L., Carlehog, M and Skjerdal, O.T. (2006). Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. *J. Food engineering*, 73: 9-19.
- [6] Duun, A.S. and Rustad, T. 2008. Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6°C. *Journal of Food Chemistry*. 106: 122–131.
- [7] Rezaei, M., and Hosseini, S.F. (2008). Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *Journal of Food science*, 73: 93-96.
- [8] Moeini, A., Pedram, P., Fattahi, E., Cerruti, P., & Santagata, G. (2022). Edible polymers and secondary bioactive compounds for food packaging applications: Antimicrobial, mechanical, and gas barrier properties. *Polymers*, 14(12), 2395.
- [9] Salimbahrami, S. N., Ghorbani-HasanSarai, A., Tahermansouri, H., & Shahidi, S. A. (2023). Synthesis, optimization via response surface methodology, and structural properties of carboxymethylcellulose/curcumin/graphene oxide biocomposite films/coatings for the shelf-life extension of shrimp. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126724.
- [10] Kim, J. H., Hong, W. S., & Oh, S. W. (2018). Effect of layer-by-layer antimicrobial edible coating of alginate and chitosan with grapefruit seed extract for shelf-life extension of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) stored at 4 °C. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 1468–1473.
- [11] Keivanfar, L., Nateghi, L., Rashidi, L., Pourahmad, R., & Rashidi Nodeh, H. (2023). Comparing two different extraction techniques on chemical composition and antioxidant property of three essential oils of *Ferulago contracta*, *Rosmarinus officinalis* and *Lavendula sublepidota*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(4), 3579-3591.
- [12] Farokhian, F., Jafarpour, M., Goli, M., & Askari-Khorasgani, O. (2017). Quality preservation of air-dried sliced button mushroom (*Agaricus bisporus*) by lavender (*Lavendula angustifolia* mill.) essential oil. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12432.
- [13] Dong, Z., Xu, F., Ahmed, I., Li, Z., & Lin, H. (2018). Characterization and preservation performance of active polyethylene films containing rosemary and cinnamon essential oils for Pacific white shrimp packaging. *Food Control*, 92, 37-46.
- [14] Poverenov, E., Danino, S., Horev, B., Granit, R., Vinokur, Y., & Rodov, V. (2014). Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: Anticipated and unexpected effects of alginate–chitosan combination. *Food and bioprocess technology*, 7, 1424-1432.
- [15] Sabaghpour, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.-A. Ghorbani Hasan-Sarai, A. (2019). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Polysaccharide from Fenugreek Seeds Using the RSM and its Antioxidant and Functional Properties. *Latin American Journal of Pharmacy*. 38 (10): 2043-2050.
- [16] García M.A., Pinotti A., Martino M., Zaritzky N. (2009). Electrically treated composite FILMS based on Chitosan and methylcellulose blends, *Food Hydrocolloids*, 23: 722–728.
- [17] Hosseini S.F., Rezaei M., Zandi M., FarahmandGhavi F. (2013). Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films, *Food Chemistry* 136:1490–1495.
- [18] Hernández, M.D., López, M.B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García García, B., & Garrido, M.D. (2009). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage, *Food Chemistry* 114, 237–245.
- [19] Egan, H., Krik, R.S., and Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical Analysis of food, ninth edition. Pp: 609-634.
- [20] Schewan, J.M., Gibson, D.M and Murray, C.K. (1971). Fish in section and quality control ed, Kreuzer, R. Fishing News, (books) Ltd. London and Tonbridge, pp: 180-190.
- [21] Kirk, R., and Sawyer, R. (1991). Pearson's Composition and Analysis of Foods, ninth edition. Longman Scientific and Technical. Press Singapore, Pp: 642-643.
- [22] Goulas, A. E., & Kontominas, M. G. (2005). Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*. 93: 511–520.
- [23] Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S. H., Hosseini, S. M. H. (2009). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout, *Food Chemistry*, vol. 120: 193-198.
- [24] Truelstrup Hansen, L., Gill, T., and Huss, H.H., (1995). Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked Salmon. *Food Research International*, 28: 123-130.
- [25] Wheater, C. P., & Cook, P. A. (2002). Using Statistics to Understand the Environment. Routledge Publication, 245pp.
- [26] Gtiniti, A., and Koyun, E., (2013). Effects of vacuum packaging and wrapping with chitosan-based edible film on the extension of the shelf life of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets in

- cold storage (4 °C). Food and Bioprocess Technology 6: 1713-1719.
- [27] Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V., and Gelman, A., (2003). Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater-reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). Journal of Food Protection 66: 410-417.
- [28] Burt, S., (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods- A review. International Journal of Food Microbiology 94, 223-253.
- [29] Arashisar, S., Hisar, O., Kaya, M., and Yanik, T., (2004). Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. International Journal of Food Microbiology 97: 209- 214.
- [30] Gimenez, B., Roncales, P., and Beltran, J.A., (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. Journal of the Science of Food and Agriculture 82: 1154— 1159.
- [31] Jung, S., Ghoul, M., & Lamballerie-Anton, M. D. (2003). Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. LWT - Food Science and Technology, 36: 625-631.
- [32] Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Oksuz, A., Garthwaite, T., Alexis, M.N., and Grigorakis, K., (2001). Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. Food Chemistry 72: 33- 40.
- [33] Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y, and Chi Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. J. Food Chem. 115: 66-70.
- [34] Jeon, Y.J., Kamil, J. Y. V. A., and Shahidi, F. (2002). Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 5167-5178.
- [35] Rezai, M., Hosseini, S.F., Langrudi, H.E. Safari, R., and Flosseini, S.V., (2008). Effect of delayed icing on quality changes of iced rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry 106: 1161-1165.
- [36] Perumalla, A.V.S., and Navam. S., (2011). Flettirachchy Green tea and grape seed extracts — Potential applications in food safety and quality Food Research International 44: 827-839.
- [37] Faleiro, L., Miguel, G., Games, S., Costa, L., Venancio, F., Teixeira, A., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., and Pedro, L.G., (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Essential Oils Isolated from *Thymbra capitata* L. (Cali.) and *Origanum vulgare* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 8162-8168.
- [38] Dragland, S., Senoo, H., Wake, K., Nolte, K., and Blomhoff, R., (2003). Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. Journal of Nutrition 133: 1286-1290.
- [39] Fernandez, J., Perez-Alvarez, I.A., and Fernandez-Lopez, J.A., (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chemistry 59: 345-353.
- [40] Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Ruiz, I.A., Martins, J.T., Casariego, A., Teixeira, J.A., and Vicente, A.A., (2010). Effect of Chitosan-Based Coatings on the Shelf Life of Salmon (*Salmo salar*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 58: 11456-11462.
- [41] CEC, (1995). Commission of the European Community. Decision 95/149/EC of 8 March 1995 fixing the total volatile basic nitrogen (TVB-N) limit values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. CEC, Brussels.
- [42] Masniyom, P., Benjakul, S., and Visessanguan, W., (2002). Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices under modified atmosphere packaging. Journal of the Science of Food and Agriculture 82: 873-880.
- [43] Fan, W., Chi, Y., and Zhang, S., (2008). The use of a tea polyphenol dips to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. Food Chemistry, 108: 148-153.
- [44] Kilinc, B., Cakli, S., Cadun, A., Dincer, T., and Toiasa, S., (2007). Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C. Food Chemistry 104: 1611-1617.
- [45] Dalgaard, P., (2000). Fresh and lightly preserved seafood. In: Man, C.M.D.; Jones, A.A., editors. Shelf-life evaluation of foods. (2nd ed.), Gaithersburg, MD, USA: Aspen Publishing Inc, pp: 110-139.
- [46] Connell, J.J., (1990). Methods of assessing and selecting for quality. In Control of Fish Quality, (3rd ed.), Fishing News Books: Oxford, U.K.
- [1] Mexis, S.F., Chouliara, E., and Kontominas M.G., (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 °C. Food Microbiology 26: 598-60.
- [2] Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G., and Savvaidis, I.N., (2009). Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean sword fish Fillets during storage at 4 °C. Food Chemistry 115: 169-175.



Scientific Research

Microbial, chemical and sensory properties of coated rainbow trout Fillets by Fenugreek Grain containing Essences of Thyme and Oregano during Refrigerated storage

Samira Sabaghpour¹, Ali Motamedzadegan², Seyed-Ahmad Shahidi^{3*}, Azade Ghorbani-HasanSaraci⁴

1- Ph.D. Student, Department of Food Science and Technology, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran

2- Department of Food Science, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, P. O. Box 578, Sari, Mazandaran, Iran

3- Department of Food Science and Technology, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran

4- Department of Food Science and Technology, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2025/06/02

Accepted: 2025/07/22

Keywords:

Edible coating,

Polysaccharide,

Rainbow trout,

shelf life.

DOI: 10.48311/fsct.2026.84061.0

*Corresponding Author E-

sashahidy@yahoo.com,

sa.shahidi@iau.ac.ir

This study was conducted to investigate the effect of polysaccharide coating on fenugreek seeds containing essential oil of thyme and oregano (1, 1.5 and 2%) as natural preservatives on shelf life of rainbow trout kept at refrigerated temperature based on microbial load, chemical evaluations and sensory properties done. For this purpose, fish fillets under 8 treatments were kept refrigerated at room temperature for 16 days and pH, peroxide, thiobarbituric acid, thymethylamine, volatile nitrogen vapor, microbial analysis and sensory evaluations were performed. Regarding to the general standards of bacteria, the total number of volatile nitrogen levels, the amount of thymethylamines, as well as sensory evaluation, the control samples exceeded the standard levels after 4 days (After 16 days of storage TVC 9.3 log cfu/g, PTC 8.3 log cfu/g, PV 6.4 meq/kg, TBA 0.95 mgMDA/kg, TVB-N 41 N/100g, TMA-N 13 mg/100g and total acceptance 2.5), while the samples were covered with 2% oregano coatings for 12 days (After 16 days of storage TVC 7 log cfu/g, PTC 6.8 log cfu/g, PV 4 meq/kg, TBA 0.43 mgMDA/kg, TVB-N 21 N/100g, TMA-N 6.5 mg/100g and total acceptance 5 respectively) and Covered specimens containing 2% Thyme essential oil were 16 days old (After 16 days of storage TVC 7 log cfu/g, PTC 6.5 log cfu/g, PV 4.6 meq/kg, TBA 0.49 mgMDA/kg, TVB-N 15 N/100g, TMA-N 5.2 mg/100g and total acceptance 6 respectively).