



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Protective effect of Fucoidan on the quality of narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) fillets during refrigerated storage

S. Sharifian^{1*}¹ Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/08/27

Revised: 2025/10/22

Accepted: 2025/09/6

Keywords:

Quality

Fucoidan

Spanish mackerel

Fillet

Refrigerated storage

*Corresponding author:

✉ sharifian.s@cmu.ac.irDoi: [10.52547/joc.16.62.9](https://doi.org/10.52547/joc.16.62.9)

ORID: 0000-0003-2669-8091

ABSTRACT

Background and Objectives: Fish is a valuable source of protein and omega-3 fatty acids but is highly perishable due to enzymatic activity and microbial growth. The application of natural bioactive compounds such as seaweed-derived polysaccharides has emerged as a promising strategy to extend fish shelf life. This study aimed to evaluate the effects of immersing narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) fillets in fucoidan solutions (1, 3, and 5%) on microbial, physicochemical, and sensory quality during refrigerated storage (4°C) for 12 days.

Methods: Fresh fillets were immersed in fucoidan solutions at different concentrations for 5 minutes and then stored in polyethylene packaging under refrigeration. Microbial counts (mesophilic and psychrotrophic bacteria), chemical parameters (pH, TVB-N, PV, and TBARS), and sensory attributes (color, odor, texture, and overall acceptance) were assessed on days 0, 3, 6, 9, and 12 of storage.

Findings: The findings revealed that the 3% and 5% fucoidan treatments significantly slowed microbial growth, delaying the onset of spoilage from day 6 in the control to day 9. The increases in pH and TVB-N values were slower, and their final levels remained lower in these treatments compared to the control. Lipid oxidation indices (PV and TBARS) were also significantly reduced in the 3% and 5% treatments. Sensory evaluation showed that overall acceptance scores in the control and 1% treatments dropped below the acceptability limit by day 6, whereas the 3% and 5% treatments remained acceptable until day 6 and only declined significantly by day 9.

Conclusion: Fucoidan at 3% and 5% concentrations effectively improved the microbial, chemical, and sensory quality of Spanish mackerel fillets and extended shelf life by approximately three days. Considering the comparable performance of 3% and 5%, the 3% concentration is recommended as a more practical and cost-effective option for industrial applications.



NUMBER OF TABLES

1



NUMBER OF FIGURES

6



NUMBER OF REFERENCES

27

مقاله پژوهشی

اثر حفاظتی فوکوئیدان بر کیفیت و ماندگاری فیله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) طی نگهداری در یخچال

سلیم شریفیان*

^۱ گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۵ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۱۵	پیشینه و اهداف: ماهی یکی از منابع مهم پروتئین و اسیدهای چرب امگا-۳ است که به دلیل فعالیت آنزیمی و رشد میکروبی، فسادپذیری بالایی دارد. استفاده از ترکیبات زیست فعال طبیعی مانند پلی ساکاریدهای جلبکی، راهکاری نوین برای افزایش ماندگاری آبزیان به شمار می رود. این مطالعه با هدف بررسی اثر تیمار غوطه‌وری فیله ماهی شیر در محلول‌های فوکوئیدان (۱، ۳ و ۵٪) بر شاخص‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی و حسی طی نگهداری در یخچال (۴ °C) به مدت ۱۲ روز انجام شد. روش‌ها: فیله‌های ماهی شیر تازه به مدت ۵ دقیقه در محلول فوکوئیدان با غلظت‌های مختلف غوطه‌ور شدند و سپس در بسته‌بندی سلفونی در دمای یخچال نگهداری شدند. در طول دوره نگهداری، تغییرات میکروبی (باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست)، شیمیایی (pH، TVB-N، PV و TBARS) و ارزیابی حسی (رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی) در روزهای صفر، سوم، ششم، نهم و دوازدهم بررسی شد. یافته‌ها: نتایج نشان داد تیمارهای ۳ و ۵٪ فوکوئیدان به‌طور معنی‌داری رشد میکروبی را کند کردند و رسیدن به حد غیرقابل مصرف را از روز ششم در نمونه کنترل به روز نهم به تعویق انداختند. افزایش pH و TVB-N در این تیمارها کندتر بود و مقادیر نهایی پایین‌تری نسبت به کنترل ثبت شد. همچنین شاخص‌های اکسیداسیون لیپیدی (PV و TBARS) در ۳ و ۵٪ کمتر از کنترل و ۱٪ بود. از نظر حسی، امتیازهای پذیرش کلی در نمونه‌های کنترل و ۱٪ از روز ششم کاهش یافت، در حالی‌که تیمارهای ۳ و ۵٪ تا روز ششم همچنان قابل قبول بود. نتیجه‌گیری: استفاده از فوکوئیدان در غلظت‌های ۳ و ۵٪ موجب بهبود قابل توجه کیفیت میکروبی، شیمیایی و حسی فیله ماهی شیر شد و ماندگاری آن را حدود سه روز افزایش داد. با توجه به کارایی مشابه ۳ و ۵٪ غلظت ۳٪ به‌عنوان گزینه بهینه و اقتصادی‌تر برای کاربرد صنعتی پیشنهاد می‌شود.
واژگان کلیدی: کیفیت فوکوئیدان ماهی شیر فیله نگهداری در یخچال	
*نویسنده مسئول ✉ sharifian.s@cmu.ac.ir	
Doi: 10.52547/joc.16.62.9 ORID: 0000-0003-2669-8091	

مقدمه

روش‌های فیزیکی مانند بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده، بسته‌بندی تحت خلأ و فوق سرد کردن و روش‌های زیستی مانند استفاده از باکتری‌های اسید لاکتیک و باکتریوسینها بوده است. با این حال، بسیاری از این روش‌ها دارای محدودیت‌هایی مانند هزینه بالا، سمیت باقیمانده یا اثرات نامطلوب بر ویژگی‌های حسی هستند. نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) رایج‌ترین روش برای نگهداری کوتاه‌مدت است، اما به تنهایی برای جلوگیری از فساد پس از چند روز کافی نیست. بنابراین، ترکیب آن با افزودنی‌های طبیعی مانند فوکوئیدان می‌تواند به طور هم افزایی مدت ماندگاری را افزایش داده و کیفیت تغذیه‌ای و حسی را حفظ کند. بنابر اطلاع مؤلفین تاکنون پژوهشی در کشور در زمینه اثر حفاظتی فوکوئیدان بر مدت ماندگاری و کیفیت ماهی شیر انجام نشده است. بنابراین با توجه به حساسیت ماهی شیر به فساد سریع و تقاضای روزافزون برای نگهدارنده‌های طبیعی، هدف مطالعه حاضر ارزیابی اثربخشی فوکوئیدان استخراج شده از جلبک قهوه‌ای در حفظ کیفیت فیزیکی و میکروبیولوژیکی و حسی فیله ماهی شیر در طول دوره نگهداری در یخچال بوده است.

روش پژوهش

جمع‌آوری جلبک و استخراج فوکوئیدان

نمونه‌های جلبک *Sargassum* sp. به صورت تازه از ساحل تیس (چابهار) در دی ماه ۱۴۰۱ جمع‌آوری و به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار منتقل گردید. جهت حذف گل و لای و دیگر آلودگی‌ها، جلبک‌ها با آب شیرین شستشو و سپس در سایه خشک گردید. جلبک خشک شده با استفاده از خردکن خانگی، پودر و تا هنگام عصاره‌گیری و استخراج فوکوئیدان در فریزر (۱۸- °C) نگهداری شد. استخراج فوکوئیدان با استفاده از آب داغ و از روش ذکر شده توسط Borazjani و همکاران (۲۰۱۸) [۳] با اندکی تغییرات انجام گرفت. به صورت خلاصه، ۱۰۰ گرم جلبک با ۵۰۰ میلی‌لیتر متانول مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق به هم زده و در ادامه توسط کاغذ صافی، صاف گردید. تفاله حاصله از این مرحله با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (۶۰ °C) مخلوط و به مدت ۲ ساعت بهم زده شد. مخلوط حاصله سانتریفیوژ (۶۰۰۰ rpm؛ ۱۰ دقیقه)، مایع رویی جداسازی و به منظور رسوب آلژینات، کلرید کلسیم به آن اضافه گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ °C قرار داده شد. در ادامه به کمک سانتریفیوژ بخش مایع مخلوط، جمع‌آوری، با اتانول مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در ۴ درجه سانتیگراد نگهداری گردید. بخش جامد رسوب کرده یعنی ترکیبات پلی ساکاریدی فوکوئیدان توسط سانتریفیوژ جمع‌آوری و چندین بار با استون آب زدایی و تا هنگام آزمایش در ۱۸ °C نگهداری گردید.

آماده‌سازی نمونه ماهی و تیمار بندی

نمونه‌های ماهی از صیدگاه پسابندر شهرستان چابهار توسط قایق‌های صیادی محلی با روش قلاب صید گردید. انتخاب ماهیان به صورت تصادفی و از بین ماهیان هم اندازه و سالم صورت پذیرفت (۲۰ کیلوگرم). میانگین وزن نمونه‌های انتخابی انتخاب شده برابر ۱/۴۴±۰/۱۶۶ کیلوگرم بود.

ماهی و دیگر آبیان از تولیدات اقتصادی مهم بسیاری از کشورها از جمله ایران می‌باشند. ماهی‌ها به دلیل داشتن مقادیر زیاد چربی‌های غیراشباع و کلسترول کم و پروتئین‌های با ارزش غذایی بالا، اهمیت زیادی در رژیم غذایی انسان دارند. با این حال، گوشت ماهی به دلیل محتوای رطوبت بالا، pH خنثی و وفور مواد مغذی، یک ماده غذایی بسیار فسادپذیر محسوب شده و محیطی مناسب برای رشد میکروبی و فساد آنزیمی فراهم می‌کند. کیفیت ماهی به سرعت پس از مرگ به دلیل تغییرات بیوشیمیایی و میکروبیولوژیکی از جمله تخریب پروتئین، اکسیداسیون چربی و تشکیل ترکیبات نیتروژنی فرار مانند تری متیل آمین (TMA) و بازهای فرار نیتروژنی کاهش می‌یابد. این تغییرات منجر به ویژگی‌های حسی نامطلوب مانند بوی نامطبوع، تغییر رنگ و نرمی بافت شده و در نهایت مدت ماندگاری و پذیرش مصرف‌کننده را کاهش می‌دهد [۱]. مکانیسم‌های اصلی فساد در ماهی شامل خودهضمی ناشی از آنزیم‌های درونی، تکثیر میکروبی (به ویژه توسط گونه‌های جنس *Pseudomonas*، *Shewanella* و *Aeromonas* و اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد [۲].

ماهی شیر با نام علمی *Scomberomorus commerson* یک گونه تجاری مهم است که به طور گسترده در منطقه اقیانوس هند و آرام، از جمله خلیج فارس و دریای عمان پراکنده است و ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای قابل توجهی دارد. در ایران، این گونه یکی از مهمترین ماهیان دریایی محسوب می‌شود که به دلیل محتوای پروتئین بالا، پروفیل مطلوب اسیدهای چرب (غنی از اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا-۳) و ویژگی‌های حسی، سهم قابل توجهی در مصرف داخلی و صادرات دارد. در سطح جهانی، این ماهی به دلیل بافت ایده‌آل و طعم غنی، گزینه مناسبی برای محصولات تازه، منجمد و فرآوری شده دریایی محسوب می‌شود. با این حال، این ماهی مانند سایر ماهیان پرچرب، به شدت در معرض اکسیداسیون چربی و فساد میکروبی قرار دارد و این امر مدت ماندگاری آن را در طول نگهداری پس از صید محدود می‌کند. فساد سریع فیله این ماهی چالشی بزرگ برای صنعت غذاهای دریایی محسوب شده و نیازمند راهکارهای مؤثر برای حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری است [۱].

فوکوئیدان، یک پلی ساکارید سولفات استخراج شده از جلبک‌های قهوه‌ای (*Fucus* sp.، *Laminaria* sp. و *Undaria* spp.) است که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی پتانسیل بالایی به عنوان نگهدارنده طبیعی در غذاهای دریایی دارد. مطالعات نشان داده است که فوکوئیدان می‌تواند با مهار رادیکال‌های آزاد و کلات کردن یون‌های فلزی، اکسیداسیون چربی را در عضله ماهی به تأخیر اندازد. همچنین، فعالیت ضد میکروبی آن علیه باکتری‌های رایج فساد غذاهای دریایی مانند *Shewanella putrefaciens* و *Pseudomonas fluorescens*، آن را به گزینه‌ای جذاب در مقایسه با نگهدارنده‌های مصنوعی مانند بوتیل‌هیدروکسی‌تولون (BHT) و بنزوات سدیم تبدیل کرده است [۱، ۴].

تاکنون از روش‌های متعددی برای حفظ کیفیت غذاهای دریایی در طی دوره نگهداری استفاده شده است. اغلب این روش‌ها شامل تیمارهای شیمیایی مانند اسیدهای آلی، عصاره‌های گیاهی و پوشش‌های کیتوزان،

تا ۳۴ سال بر اساس مقیاس لذت‌جویی پنج درجه‌ای (امتیاز ۵ = دوست داشتن بسیار و امتیاز ۱ = دوست نداشتن شدید) انجام شد [۸]. برای هر شاخص، میانگین امتیاز به دست آمده از تمامی ارزیاب‌ها گزارش گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS نگارش ۲۲ انجام شد. برای کشف وجود یا نبود اختلاف معنادار از روش تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون حداقل تفاوت معنادار LSD در سطح ۵٪ بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های مورد بررسی استفاده شد. برای پیدا کردن اختلاف معنادار در بین نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی ماهیان مورد آزمایش از آزمون کروسکال-والیس (Kruskal-Wallis) و تست من-ویتنی (Mann-Whitney) استفاده شد.

نتایج و بحث

میانگین شمار کلی باکتری‌های مزوفیل (بر حسب لگاریتم پرگنه در گرم گوشت) فیله ماهی شیر تیمار شده با غلظت‌های مختلف فوکوئیدان طی دوازده روز نگهداری در یخچال در شکل ۱ نشان داده شده است. شمار کلی باکتری‌های مزوفیل در ماهی تازه در شروع دوره نگهداری در فیله‌های مختلف در بازه ۱/۸۶-۲/۱۱ لگاریتم پرگنه در گرم بود که نشان از تازگی فیله‌ها داشت. با افزایش روزهای نگهداری میزان باکتری‌های مزوفیل در تمامی گروه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. با این حال سرعت افزایش در تیمارهای مختلف، متفاوت بود و کمترین میزان افزایش در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد وجود داشت. شمار کلی باکتری‌های مزوفیل در تیمار کنترل (۶/۸۶ لگاریتم پرگنه در گرم) و فوکوئیدان ۱٪ (۶/۳۹ لگاریتم پرگنه در گرم) در روز ششم نگهداری به بالاتر از حد مجاز باکتری‌ها در گوشت ماهی برای مصرف انسانی یعنی ۱۰^۶ باکتری در هر گرم گوشت [۹] رسید، در حالی فیله‌ها در تیمارهای فوکوئیدان ۳ درصد (۶/۴۹) و ۵ درصد (۶/۲۵) در روز نهم نگهداری به بالاتر از این حد مجاز رسید. در مقایسه تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار در تمامی روزهای نگهداری به غیر از شروع دوره نگهداری وجود نداشت. میانگین تغییرات در شمار کلی باکتری‌های سرمادوست در فیله ماهی شیر در شکل ۲ نشان داده شده است. مشابه باکتری‌های مزوفیل، شمار باکتری‌های سرمادوست نیز در تمامی گروه‌ها طی دوره نگهداری افزایش یافت. با این حال کمترین میزان افزایش در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد وجود داشت. شمار کلی باکتری‌های سرمادوست در تیمارهای فوکوئیدان ۱ درصد در روز ششم نگهداری به بالاتر از حد مجاز ۱۰^۶ لگاریتم پرگنه در گرم برای مصرف انسانی رسید، در حالی که تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد پس از نه روز نگهداری در یخچال به بالاتر از این حد افزایش یافت. نتایج نشان داد که در هر دو گروه باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست، تیمار فیله‌ها با فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد به طور معنی‌داری سرعت افزایش باکتری‌ها را کاهش داده است. این نتیجه‌گیری در تطابق با مطالعات پیشین است که نشان داده‌اند فوکوئیدان استخراجی شده از جلبک‌های قهوه‌ای دارای خواص ضدباکتریایی در مقابل گونه‌های مختلف باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بوده و می‌تواند از رشد باکتری‌های

نمونه‌ها با آب دریا شستشو، با نسبت ۲:۱ با یخ (ماهی ۲، یخ ۱) در جعبه های یونولیت قرار داده شد و جهت انجام آزمون‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. تهیه فیله از هر کدام از ماهی‌ها به صورت دستی و پس از سرزنی و تخلیه امعاء و احشاء انجام و از هر ماهی چهار فیله با ابعاد ۱۴ × ۱۴ سانتیمتر تهیه گردید. در ادامه، فیله‌های استحصال شده به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق در محلول آبی فوکوئیدان ۱٪، ۳٪ و ۵٪ (وزنی/حجمی) استخراج شده از جلبک قهوه‌ای غوطه‌ور و آبکشی گردید. فرایندی مشابه برای نمونه‌های شاهد (کنترل) با آب مقطر انجام گردید. پس از آبکشی، تمامی نمونه‌ها در سلفون پلاستیکی بسته‌بندی و به مدت ۱۲ روز در یخچال نگهداری شد. برای ارزیابی میزان فساد (تازگی) از شاخص های حسی، فیزیکی و شیمیایی (pH، TVB-N، PV، TBARS) و میکروبی (شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست) استفاده شد. ارزیابی حسی با ۷ بار تکرار و ارزیابی شیمیایی و میکروبی با ۳ بار تکرار انجام گرفت. تمامی آزمایش‌های ذکر شده در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ نگهداری انجام شد.

ارزیابی میکروبی

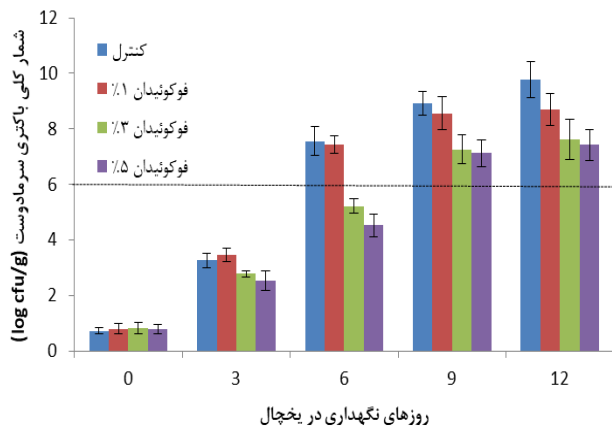
شمار کلی باکتری مزوفیل و سرمادوست با استفاده از روش غیر مستقیم شمارش سلول های زنده (Plate counts) و بر اساس شیوه‌نامه سازمان ملی استاندارد ایران، شماره ۳۵۶ انجام شد. به صورت خلاصه، حدود ۱۰ گرم از گوشت ماهی در ۹۰ میلی لیتر محلول رقیق کننده سرم فیزیولوژی مخلوط و در ادامه رقت‌سازی شد. پس از کشت هر رقت بر روی محیط کشت Standard Plate Count Agar، گرمخانه‌گذاری به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد برای باکتری‌های مزوفیل و به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد برای باکتری‌های سرمادوست انجام گرفت. در انتها پلیت های حاوی ۳۰ الی ۳۰۰ پرگنه به عنوان پلیت‌های استاندارد انتخاب و شمارش شدند.

ارزیابی فیزیکی و شیمیایی

برای اندازه گیری pH، ۱۰ گرم از گوشت چرخ شده ماهی در ۹۰ میلی لیتر آب مقطر همگن و مخلوط فیلتر گردید. pH مایع فیلتر شده با استفاده از pH متر (HM-205, Japan) اندازه‌گیری شد [۱]. مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N) به روش کج‌دال شرح داده شده توسط Furuichi و همکاران (۱۹۹۷) اندازه گیری شد [۵]. با این تفاوت که بخش پروتئینی ماهی با هم‌وزن کردن گوشت ماهی در اسید تری کلریک استیک ۵٪ با نسبت ۱ به ۲ (وزن/حجم) جداسازی شد و نمونه با افزودن ۲ گرم اکسید منیزیم (MgO) در طی تقطیر قلبایی گردید. میزان TVB-N به صورت میلی گرم/۱۰۰ گرم عضله بیان شد. شاخص پراکسید (PV) بر پایه تیتراسیون و بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) [۶] اندازه‌گیری و به صورت میلی‌اکی‌والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی گزارش گردید. ترکیبات واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید (TBARS) به روش رنگ سنجی توضیح داده شده توسط Namulema و همکاران (۱۹۹۹) [۷] اندازه گیری و میزان آن به صورت میلی گرم مالون دی آلدید در کیلوگرم بافت ماهی بیان گردید.

ارزیابی حسی

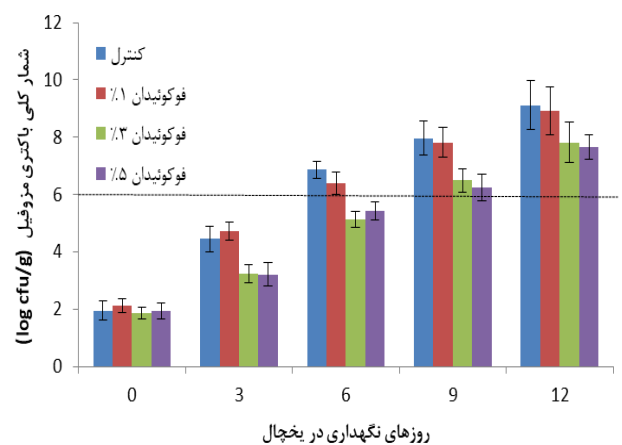
ارزیابی حسی فیله‌های ماهی شیر (شامل بافت، بو، رنگ و پذیرش کلی) توسط ۷ فرد نیمه آموزش دیده شامل ۳ مرد و ۴ خانم با میانگین سنی ۲۲



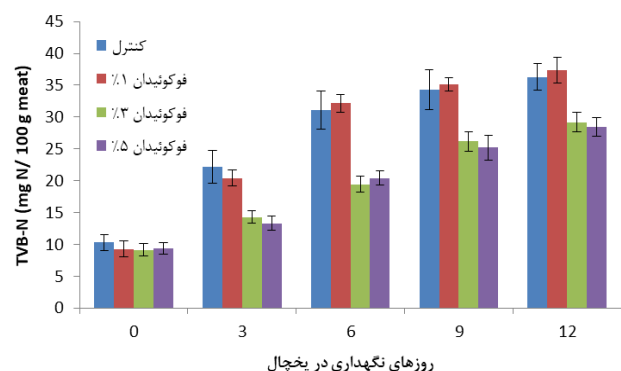
شکل ۲: میانگین شمار کلی باکتری‌های سرمادوست در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال

pH و TVB-N شاخص‌هایی هستند که به طور گسترده در ارزیابی کیفی فرآورده‌های دریایی مورد پایش قرار می‌گیرد [۱۵،۱]. میانگین تغییرات در شاخص‌های pH و مجموع بازهای فرار نیترروژنی (TVB-N) به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است. میزان pH در ماهی شیر تازه در شروع نگهداری در تیمار کنترل برابر با ۶/۵۲ بود و پس از غوطه‌وری در فوکوئیدان به ویژه در تیمار ۵ درصد کاهش یافت. با افزایش روزهای نگهداری میزان pH در تمامی گروه‌ها افزایش یافت. با این حال میزان افزایش در گروه‌های مختلف متفاوت بود و کمترین میزان افزایش در تیمار فوکوئیدان ۵ درصد مشاهده گردید. میزان pH در روز آخر نگهداری در تیمارهای کنترل، فوکوئیدان ۱، ۳ و ۵ درصد به ترتیب برابر با ۷/۵۹، ۷/۵۴، ۷/۱۶ و ۷/۱۴ بود. افزایش pH در تیمارهای مختلف در فیله ماهی شیر در این مطالعه در تطابق با مطالعات پیشین است که نشان داده‌اند میزان pH طی دوره نگهداری ماهی به دلیل تجمع آمونیاک، تری‌متیل‌آمین و دیگر ترکیبات بازی فرار ناشی از فعالیت‌های آنزیم‌های درون‌زا و میکروب‌ها افزایش می‌یابد [۱۵،۸]. این افزایش، هم‌چنین می‌تواند ناشی از تجزیه گوشت ماهی به واسطه قرار گرفتن در معرض اکسیژن کافی باشد [۱۶]. میزان TVB-N (میلی گرم N در ۱۰۰ گرم گوشت) (شکل ۳) در گروه‌های مختلف ماهی شیر در شروع دوره نگهداری در بازه‌ی ۱۰/۲۶-۹/۱۱ بود و با افزایش روزهای نگهداری در تمامی تیمارها تا انتهای دوره نگهداری افزایش یافت. به غیر از شروع دوره نگهداری، در تمامی روزهای نگهداری، میزان TVB-N در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد نسبت به کنترل و فوکوئیدان ۱ درصد کمتر بود. در انتهای دوره نگهداری میزان TVB-N در تیمارهای کنترل، فوکوئیدان ۱، ۳ و ۵ درصد به ترتیب برابر با ۳۶/۴۸، ۳۷/۳۶، ۲۹/۱۶ و ۲۸/۴۸ به دست آمد. افزایش در میزان بازهای فرار نیترروژنی در مطالعه حاضر در با مطالعه Khodanazry و Esmaili (۲۰۲۴) [۸] است که روند افزایشی این شاخص را در فیله ماهی ماکرل (*Scomberomorus commerson*) را در طی نگهداری در یخچال گزارش نمودند. در مطالعه‌ای دیگر نیز sharifian (۲۰۲۳) [۱] تغییرات میزان بازهای فرار

مختلف از جمله پاتوژن‌های غذایی جلوگیری کند. [۱۰]. این ترکیب می‌تواند هم اثرات باکتریواستاتیک (مهار رشد) و هم اثرات باکتریوسید (کشنده) بر روی باکتری‌ها داشته باشد. اگرچه مکانیسم‌های دقیق اثر فوکوئیدان بر باکتری‌ها هنوز در دست بررسی هستند، اما تصور می‌شود که این پلی‌ساکارید سولفات‌ها بر سنتز دیواره سلولی باکتری تأثیر می‌گذارد و به طور بالقوه باعث آسیب به دیواره سلولی و تداخل با فعالیت متابولیک باکتری می‌شود [۱۱]. در مطالعه حاضر میزان باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد پس از روز نهم نگهداری در یخچال به بالاتر از حد مجاز رسید، در حالی که تیمارهای کنترل و فوکوئیدان ۱٪، شمار باکتری‌ها پس از روز ششم نگهداری به بالاتر از حد مجاز مصرف انسانی رسید. این نتایج در تطابق با مطالعه Esmaili و Khodanazry (۲۰۲۴) [۸] است که تأثیر پوشش‌های دولایه پکتین/کیتوزان غنی شده با اسانس ترخون در رشد باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) را بررسی و گزارش نمودند که شمار این باکتری‌ها در فیله‌های بدون پوشش در حدود روز هفتم نگهداری در یخچال به بالاتر از حد مجاز برای مصرف انسانی بوده است. در پژوهشی دیگر Malekkolaei و همکاران (۲۰۲۵) [۱۲] تأثیر افزودن فوکوئیدان به پوشش کیتوزان در فیله فیل ماهی (*Huso huso*) طی دوره نگهداری در یخچال را مثبت ارزیابی و گزارش نمودند که افزودن این ترکیب به طور معنی‌داری باعث کاهش سرعت افزایش هر دو گروه باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست طی دوره نگهداری شده است. Khorami و همکاران (۲۰۲۴) [۱۳] نیز گزارش نمودند که افزودن فوکوئیدان به پوشش دولایه کیتوزان-آلژینات خواص ضد میکروبی پوشش در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی دوره نگهداری را بهبود بخشیده و باعث کنترل رشد میکروبی شده است. فوکوئیدان به دلیل ساختار گیرنده گلیکوپروتئینی خود می‌تواند با اجزای دیواره سلولی باکتری‌ها و غشاهای سیتوپلاسمی تعامل داشته باشد. این تعامل، نفوذپذیری غشا را مختل می‌کند و منجر به نشت پروتئین‌ها و آسیب DNA در باکتری‌ها می‌شود [۱۴].



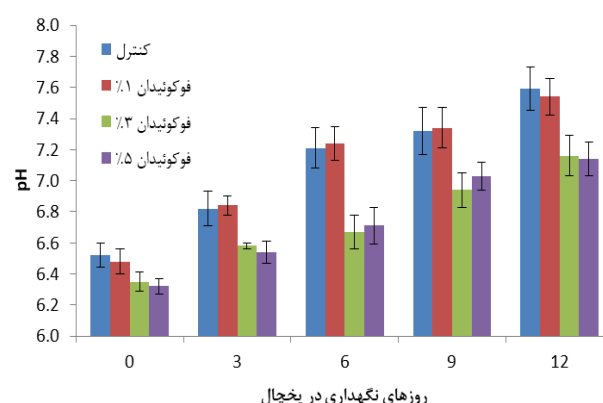
شکل ۱: میانگین شمار کلی باکتری‌های مزوفیل در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال



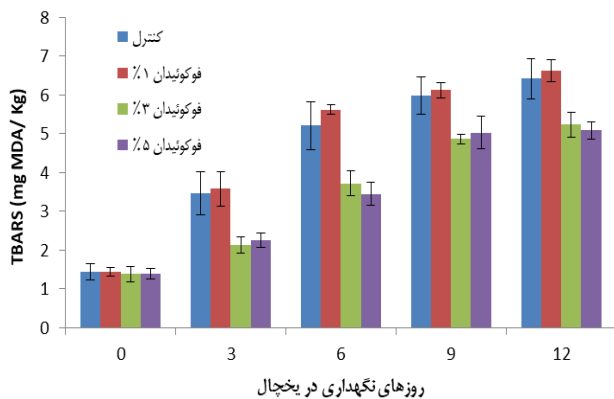
شکل ۴: میانگین تغییرات TVB-N در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال

آبزیان و ماهی‌ها به طور معمول دارای میزان لیپیدهای غیراشباع بالاتری نسبت به دیگر غذاها هستند و بنابراین به طور خاص مستعد تندی اکسیداتیو می‌باشند [۱۵، ۱۶]. افزایش شاخص‌های فساد لیپیدی در طی دوره نگهداری بیانگر شدت یافتن تجزیه لیپیدها در گوشت ماهی با افزایش روزهای نگهداری به صورت سرد است، که می‌تواند بیانگر فعالیت آنزیمی (اتولیز لیپیدی) در گوشت باشد [۱۹]. میانگین تغییرات میزان شاخص‌های PV و TBARS (mg MDA/Kg) در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است. میزان PV (mEq O₂/Kg) در شروع دوره نگهداری در تیمارهای مختلف در بازه ۲۶/۸۶-۴/۴ بود و با افزایش روزهای نگهداری تا روز ششم در تمامی تیمارها افزایش و در ادامه تا انتهای دوره نگهداری یعنی روز دوازدهم کاهش یافت. با این حال میزان افزایش در میان تیمارهای مختلف متفاوت بود و کمترین افزایش در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد اندازه‌گیری گردید. میزان PV در روز ششم نگهداری در تیمارهای کنترل، فوکوئیدان ۱، ۳ و ۵ درصد به ترتیب برابر با ۲۲/۱۵، ۲۱/۲۶، ۱۴/۶۷ و ۱۵/۷۱ بود و به ۱۵/۱۳، ۱۴/۱۱، ۱۳/۱۶ و ۱۳/۴۵ در روز دوازدهم کاهش یافت. از شاخص پراکسید معمولاً برای تخمین میزان تندی اکسیداتیو در چربی‌ها استفاده می‌شود و مقیاسی از غلظت پراکسیدها و هیدروپراکسیدهای ایجاد شده در مراحل اولیه اکسیداسیون لیپید می‌باشد [۲۰]. در طول نگهداری فیله ماهی، عدد پراکسید (PV) معمولاً در ابتدا به دلیل اکسیداسیون لیپید افزایش می‌یابد و سپس ممکن است بعداً در طول نگهداری کاهش یابد. این افزایش اولیه با تشکیل هیدروپراکسیدها، که محصولات اولیه اکسیداسیون هستند، ایجاد می‌شود. کاهش بعدی را می‌توان به تجزیه این هیدروپراکسیدها به محصولات ثانویه اکسیداسیون نسبت داد [۲۱]. میزان مواد واکنش‌پذیر با تیوباریتوریک اسید (TBARS) در تیمارهای کنترل، فوکوئیدان ۱، ۳ و ۵ درصد در شروع دوره نگهداری به ترتیب برابر با ۱/۴۵، ۱/۴۳، ۱/۳۸ و ۱/۳۹ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدید در کیلوگرم گوشت به دست آمد. با افزایش روزهای نگهداری میزان TBARS در تمامی تیمارها افزایش یافت. با این حال میزان افزایش در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد نسبت به دیگر تیمارها کمتر بود و به ترتیب به ۵/۲۳ و ۵/۰۸ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدید در کیلوگرم گوشت در انتهای دوره آزمایش (روز دوازدهم) رسید. به غیر از شروع دوره

نیتروژنی در فیله ماهی شیر پس از دوازده روز نگهداری در یخچال را افزایش و در بازه ۳۸/۲۶-۱۱/۲۶ میل‌گرم باز فرار در صد گرم گوشت گزارش نمودند که در تطابق با مطالعه حاضر است. کاهش سرعت افزایش pH و TVB-N در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد نسبت به دیگر گروه‌ها ممکن است به دلیل کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آن‌ها و متعاقباً تجزیه کمتر پروتئین‌ها و در نتیجه میزان پایین‌تر ترکیبات نیتروژنی بوده باشد [۱، ۸، ۱۵، ۱۷]. نتایج بخش میکروبی، نیز مؤید کمتر بودن سرعت افزایش باکترهای مزوفیل و سرمادوست در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد در طی دوره نگهداری در مقایسه با دیگر تیمارها بود (شکل ۱ و ۲). کاهش سرعت افزایش pH و TVB-N در گوشت ماهی در طی دوره نگهداری با استفاده از ترکیبات دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی در مطالعات متعدد پیشین نیز گزارش شده است. Malekkolaei و همکاران (۲۰۲۵) [۱۲] گزارش نمودند که استفاده همزمان پوشش کیتوزان و فوکوئیدان در فیله فیل ماهی (*Huso huso*) به طور معنی‌داری باعث کاهش سرعت افزایش بازهای فرار نیتروژنی در طی دوره نگهداری در مقایسه با تیمار کنترل شده است. Khorami و همکاران (۲۰۲۴) [۱۳] نشان دادند که گنجاندن فوکوئیدان استخراج شده از جلبک قهوه‌ای *Sargassum angustifolium* در فیلم باعث کاهش سرعت افزایش pH و TVB-N در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی دوره نگهداری در یخچال شده است. Shahbazi و Khezrian (۲۰۱۸) [۱۷] نشان دادند که استفاده همزمان ترکیبات طبیعی با نانوکامپوزیت و فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز، به طور معنی‌داری باعث کاهش سرعت افزایش بازهای فرار نیتروژنی طی دوره نگهداری گوشت شده است. Xiong و همکاران (۲۰۲۰) [۱۸] نیز نتایج مشابهی در کاهش سرعت افزایش بازهای فرار نیتروژنی و pH با استفاده از اسانس مرزنگوش و فیلم پکتین طی دوره نگهداری گوشت را گزارش کرده‌اند.



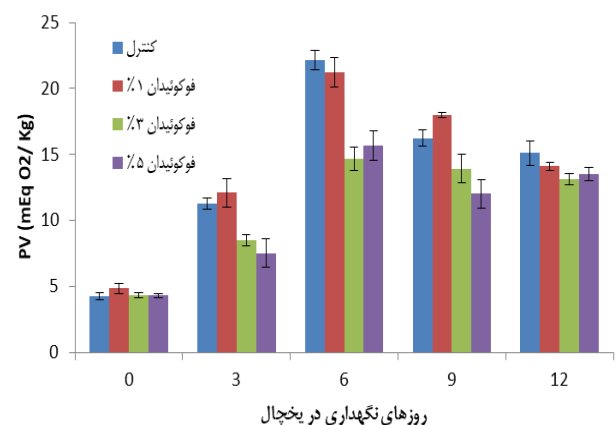
شکل ۳: میانگین تغییرات pH در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال



شکل ۶: میانگین تغییرات TBARS در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال

نتایج ارزیابی شاخص‌های حسی و مقبولیت کلی فیله ماهی شیر تیمار شده با غلظت‌های مختلف فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال در جدول ۱ نشان داده شده است. مطالعات پیشین نشان داده است که شاخص‌های حسی در ارائه توضیحات مناسب از تغییرات فیله در طول نگهداری در یخچال مفید هستند. همان‌گونه که در جدول مشخص است، در روز صفر تمامی نمونه‌ها بالاترین امتیاز (۵) را در تمامی شاخص‌های حسی دریافت کردند که نشان‌دهنده تازگی و کیفیت اولیه مطلوب فیله‌ها بود. با افزایش مدت نگهداری، کاهش تدریجی در ویژگی‌های حسی مشاهده شد، به‌گونه‌ای که نمونه کنترل از روز ششم در تمامی شاخص‌ها امتیازی کمتر از ۳ کسب کرد (بافت: ۲،۴۵، بو: ۲،۲۵، رنگ: ۲،۳۱ و پذیرش کلی: ۲،۶۲) و در نتیجه از نظر حسی غیرقابل قبول محسوب شد. در تیمار فوکوئیدان ۱٪ نیز روندی مشابه کنترل مشاهده شد، به‌طوری که در روز ششم امتیازات کمتر از ۳ به دست آمد (بافت: ۲،۵۶، بو: ۲،۳۲، رنگ: ۲،۴۲ و پذیرش کلی: ۲،۵۸). بنابراین، این غلظت تأثیر معناداری در افزایش ماندگاری حسی فیله‌ها نداشت. در مقابل، تیمارهای فوکوئیدان ۳٪ و ۵٪ عملکرد بهتری نشان دادند و در روز ششم تمامی شاخص‌ها بالاتر از حد فساد باقی ماندند (به عنوان مثال در ۳٪: بافت ۳،۵۸، بو ۳،۸۲، رنگ ۳،۲۵ و پذیرش کلی ۳،۴۵) و در ۵٪: بافت ۳،۷۲، بو ۳،۷۸، رنگ ۳،۶۵ و پذیرش کلی ۳،۲۲). این یافته‌ها نشان‌دهنده آن است که غلظت‌های بالاتر فوکوئیدان توانستند تازگی و کیفیت حسی فیله‌ها را دست‌کم تا روز ششم حفظ کنند. با این حال، بررسی داده‌های روز نهم نشان داد که بیشتر شاخص‌های حسی در تیمارهای ۳٪ و ۵٪ نیز به کمتر از ۳ کاهش یافته‌اند (به جز رنگ در تیمار ۳٪ که دقیقاً برابر با ۳،۰۰ باقی ماند). این موضوع بیانگر آن است که فوکوئیدان در این غلظت‌ها توانسته است مدت زمان قابل قبول بودن حسی فیله‌ها را حدود سه روز بیشتر از کنترل افزایش دهد. تخمین ماندگاری بر اساس پذیرش کلی نشان داد که نمونه‌های کنترل و فوکوئیدان ۱٪ در روز ششم از حد فساد گذر کرده‌اند، در حالی که نمره کلی حسی تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد در روز نهم به کمتر از حد فساد رسید. به طور کلی، نتایج ارزیابی حسی نشان داد که فوکوئیدان در غلظت‌های ۳ و ۵ درصد قادر به افزایش ماندگاری حسی فیله شیرماهی در شرایط نگهداری سرد است. این اثر حفاظتی احتمالاً

نگهداری، میزان TBARS در دیگر روزهای نگهداری، در تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد نسبت به تیمارهای کنترل و فوکوئیدان ۱ درصد کمتر بود. شاخص TBA، شاخص ضروری برای تعیین ترکیبات ثانویه اکسیداسیون یعنی مالون‌دی‌آلدهید تولید شده از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع در فیله ماهی می‌باشد. ایجاد این ترکیبات در گوشت می‌تواند منجر به طعم و بوی نامطبوع (ترشیده) و کاهش مدت ماندگاری گردد [۲۲]. میزان بالای عضلات تیره و اسیدهای چرب تک و چند غیر اشباع فیله ماهی به ویژه خانواده تون ماهیان می‌تواند این اثرات را تشدید نماید [۱، ۸، ۱۵، ۱۷]. عموماً میزان ۱-۲ میلی گرم مالون دی آلدهید/ کیلوگرم به عنوان حد پذیرش TBARS در ماهی در نظر گرفته می‌شود، با این وجود ماهی با TBA تا ۵ میلی گرم مالون دی آلدهید/ کیلوگرم نیز قابل مصرف است [۲۳]. در مطالعه حاضر میزان TBA در تیمارهای کنترل و فوکوئیدان ۱ درصد در روز ششم نگهداری به بالاتر از ۵ رسید، در حالی که تیمارهای فوکوئیدان ۳ و ۵ درصد در روز نهم نگهداری به این حد رسیدند. مجموع نتایج PV و TBARS نشان می‌دهد که غلظت‌های ۳ و ۵ درصد فوکوئیدان توانسته است که سرعت اکسیداسیون در فیله ماهی شیر را کاهش دهد. نتایج مشابهی در کاهش سرعت اکسیداسیون در فیله ماهی با استفاده از فوکوئیدان به تنهایی یا در ترکیب با دیگر ترکیبات از قبیل کیتوزان توسط Malekkolaei و همکاران (۲۰۲۵) [۱۲] و Khorami و همکاران (۲۰۲۴) [۱۳] گزارش شده است. مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند که فوکوئیدان استخراجی از جلبک‌های قهوه‌ای مانند *Sargassum* و *Fucus spp*، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی است که این ویژگی به توانایی آن در مهار رادیکال‌های آزاد، کلاته کردن یون‌های فلزی و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی در محصولات دریایی نسبت داده می‌شود [۲۴، ۲۵]. زمانی که فوکوئیدان در پوشش‌های خوراکی برای فیله ماهی به کار می‌رود، می‌تواند یک سد نیمه‌تراوا ایجاد کند که انتقال اکسیژن به بافت عضله را محدود کرده و در نتیجه، روند تندی اکسیداسیون چربی و فساد میکروبی را کاهش دهد [۲۶].



شکل ۵: میانگین تغییرات PV در فیله ماهی شیر تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال

ناشی از خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی فوکوئیدان بوده که از بروز تغییرات نامطلوب در بافت، بو و رنگ جلوگیری کرده است. مطالعات پیشین نیز کارایی پلی ساکاریدهای جلبکی در حفظ کیفیت و بهبود ماندگاری فرآورده های شیلاتی را گزارش کرده اند [۲۷، ۱۳].

جدول ۱- ارزیابی حسی فیله شیرماهی تیمار شده با فوکوئیدان طی دوره نگهداری در یخچال

		Days of storage				
		0	3	6	9	12
Texture	Control	5.00±0.00	3.76±0.22	2.45±0.18	2.12±0.14	1.76±0.10
	Fucoidan1%	5.00±0.00	3.80±0.20	2.56±0.24	2.22±0.10	1.80±0.12
	Fucoidan3%	5.00±0.00	4.12±0.18	3.58±0.16	2.78±0.22	2.25±0.18
	Fucoidan5%	5.00±0.00	4.25±0.16	3.72±0.35	2.70±0.35	2.00±0.00
Odor	Control	5.00±0.00	3.20±0.14	2.25±0.12	1.70±0.10	1.00±0.00
	Fucoidan1%	5.00±0.00	3.18±0.10	2.32±0.14	1.72±0.12	1.12±0.10
	Fucoidan3%	5.00±0.00	4.52±0.16	3.82±0.22	2.26±0.16	1.10±0.14
	Fucoidan5%	5.00±0.00	4.60±0.32	3.78±0.24	2.36±0.18	1.82±0.18
Color	Control	5.00±0.00	3.45±0.26	2.31±0.16	1.75±0.10	1.00±0.00
	Fucoidan1%	5.00±0.00	3.26±0.34	2.42±0.24	1.62±0.12	1.10±0.14
	Fucoidan3%	5.00±0.00	4.12±0.24	3.25±0.36	3.00±0.28	2.24±0.18
	Fucoidan5%	5.00±0.00	4.00±0.00	3.65±0.18	2.95±0.34	2.12±0.20
Overall acceptance	Control	5.00±0.00	3.52±0.32	2.62±0.10	2.00±0.00	1.42±0.12
	Fucoidan1%	5.00±0.00	3.58±0.18	2.58±0.16	1.85±0.12	1.24±0.16
	Fucoidan3%	5.00±0.00	4.25±0.20	3.45±0.22	2.81±0.22	2.20±0.14
	Fucoidan5%	5.00±0.00	4.12±0.10	3.22±0.34	2.86±0.20	2.00±0.00

پذیرش کلی در کنترل و ۱٪ از روز ششم زیر حد پذیرش (≥ 3) افت کرد، اما در ۳ و ۵٪ تا روز ششم قابل قبول باقی ماند و افت معنادار عمدتاً در روز نهم رخ داد. بر این اساس، فوکوئیدان در غلظت های ۳ و ۵٪ توانست ماندگاری میکروبی/حسی فیله را حدود سه روز نسبت به کنترل افزایش دهد و شدت اکسیداسیون را مهار کند. با توجه به نبود اختلاف معنادار پایدار بین ۳ و ۵٪ در بسیاری از سنجها، غلظت ۳٪ به عنوان گزینه ای کارآمد (و بالقوه اقتصادی تر) برای کاربرد صنعتی پیشنهاد می شود. از آنجا که این مطالعه در بسته بندی سلفونی و دمای ۴ درجه سانتی گراد انجام شد، ارزیابی کارایی فوکوئیدان در قالب های بسته بندی/پوشش دهی دیگر و زنجیره سرد واقعی توصیه می شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله نویسندگان سهم یکسانی داشتند.

تشکر و قدردانی (اختیاری)

از تمامی کارشناسان آزمایشگاه مرکزی جابهار که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که غوطه وری ۵ دقیقه ای فیله های ماهی شیر در فوکوئیدان (۱، ۳ و ۵٪) و نگهداری در یخچال طی ۱۲ روز، به ویژه در غلظت های ۳ و ۵٪، به طور معناداری کیفیت میکروبی، شیمیایی و حسی محصول را حفظ می کند. در شاخص های میکروبی، تیمارهای ۳ و ۵٪ رشد باکتری های مزوفیل و سرما دوست را کند کردند و رسیدن به آستانه مصرف انسانی (10^6 CFU/g) را از روز ششم (در کنترل و ۱٪) به روز نهم به تعویق انداختند. در بخش فیزیکوشیمیایی، افزایش pH و TVB-N در تمام تیمارها طی نگهداری مشاهده شد، اما آهنگ افزایش در غلظت های ۳ و ۵٪ کمتر بود و مقادیر پایانی هر دو شاخص در این تیمارها پایین تر از کنترل و ۱٪ ثبت شد که نشانگر کاهش تجزیه پروتئینی و تشکیل ترکیبات بازی فرار است.

در شاخص های اکسیداسیون لیپید، عدد پراکسید (PV) طبق انتظار تا روز ششم اوج گرفت و سپس کاهش یافت، با این تفاوت که قله PV در تیمارهای ۳ و ۵٪ به طور محسوسی کمتر از کنترل بود؛ همچنین TBARS در کنترل و ۱٪ از روز ششم به بالای ۵ mg MDA/kg رسید، در حالی که در ۳ و ۵٪ این حد عمدتاً تا روز نهم گزارش شد. از طرف دیگر همسویی این یافته ها با نتایج ارزیابی حسی مشاهده شد: امتیازهای بافت، بو، رنگ و

تعارض منافع

«هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

اختصارات (اختیاری)

کلمات اختصاری این مقاله شامل موارد زیر است:

TMA	Trimethylamine
BHT	Butylated hydroxytoluene
TVB-N	Total volatile basic nitrogen
PV	Peroxide value
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances

منابع

- Association of Official Analytical Chemists.
- [7] Namulema A.; Muyonga, J.H. and Kaaya, A.N. (1999). Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C. Food Research International, 32: 151-156. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00066-6
- [8] Esmaili, M. khodanazary A. (2025). Comparative evaluation of the effect of pectin/chitosan bi-layer coatings enriched with Artemisia dracunculus essential oil on the quality properties of mackerel *Scomberomorus commerson* during storage in the refrigerator.. Journal of Oceanography, 15 (60) :1-13. URL: <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1825-en.html>
- [9] Pons-Sanchez-Cascado, S.; Vidal-Carou, M.C.; Nunes, M.L. and Veciana-Nogues, M.T. (2006). Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicolus*) stored in ice. Food Control, 17: 564–569. doi:10.1016/j.foodcont.2005.02.016
- [10] Venardou, B; O'Doherty, J. V.; Garcia-Vaquero, M.; Kiely, C.; Rajauria, G.; McDonnell, M. J.; Ryan, M. T. and Sweeney, T. (2022). Evaluation of the Antibacterial and Prebiotic Potential of *Ascochylla nodosum* and Its Extracts Using Selected Bacterial Members of the Pig Gastrointestinal Microbiota. Marine Drugs, 20(1), 41. <https://doi.org/10.3390/md20010041>
- [11] Yang, S. H.; Seo, J., & Koo, Y. (2021). Alginate and fucoidan changes the bacterial community in different directions and the alginate or fucoidan degrading bacteria isolated from paddy soil promotes the plant growth. Archives of microbiology, 203(8), 5183–5192. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02480-7>
- [12] Malekkolaei, K.J.; Jafarian, S.; Javadian, S.R.; Mahdavi, S.K.; Bahram, S., (2025). Edible coatings of chitosan and fucoidan with crucian carp protein hydrolysate to extend shelf life of beluga sturgeon fillets. Heliyon, 11(4): e42296. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42296>
- [13] Khorami, F.; Babaei, S.; Valizadeh, S.; Naseri, M.; Golmakani, M.T., (2024). Bilayer coatings for extension of the shelf life of fish fillets: incorporating seaweed sulfated polysaccharides in chitosan-alginate LbL structures. Food Sci. Nutr., 12: 2511-2522.
- [14] Palanisamy, S.; Vinosha, M.; Rajasekar, P.; Anjali, R.; Sathiyaraj, G.; Marudhupandi, T.; Selvam, S.; You, S., (2019). Antibacterial efficacy of a fucoidan fraction (Fu-F2) extracted from *Sargassum polycystum*. Int. J. Biol. Macromol., 125: 485-495.
- [15] Sharifian, S.; Sharifian, S.; Mortazavi, M.S., (2020). Quality

- [1] Sharifian, S. (2023). Quality assessment and shelf life of narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) and Javelin grunter (*Pomadasys kaakan*) fillets during refrigerated storage. Journal of Fisheries, 76(3), 487-498. (In Persian). https://jfisheries.ut.ac.ir/article_94230.html?lang=en
- [2] Chudasama, B.G.; Dave, T.H.; Bhola, D.V. (2018). Comparative study of quality changes in physicochemical and sensory characteristics of iced and refrigerated chilled store Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). Journal of Entomology and Zoology Studies 6, 533–537.
- [3] Borazjani N.J; Tabarsa M.; You S. and Rezaei M. (2018). Purification, molecular properties, structural characterization, and immunomodulatory activities of water soluble polysaccharides from *Sargassum angustifolium*. International Journal of Biological Macromolecules, 109: 793–802.
- [4] Gorgij, S.; Sharifian, S. and Loghamin, M. (2022). Antioxidant properties of fucoidan extracted from brown alga *Sargassum* (*Sargassum tenerrimum*) and its ability to inhibit vannamei shrimp polyphenol oxidase enzyme. Aquatic Physiology and Biotechnology, 10(2), 103-119. doi: 10.22124/japb.2021.20417.1434
- [5] Furuichi, Y.; Taniguchi J. and Murabayashi, J. (1997). A rapid and convenient method for the determination of amide nitrogen in food proteins. Journal of the Japan Society for Bioscience Biotechnology and Agrochemistry, 71:395–401. DOI:10.1271/nogeikagaku1924.71.395
- [6] AOAC. (2000). Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists (17th ed.). Washington, DC:

- the Quality of Perch Fish Fillet During Storage in the Refrigerator. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 14(1): 65-74. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2025.399607.1479>
- [22] Jeon, C.O.; Kamil, Y.V.A.; Shahidi, F. (2002). Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *J. Agric. Food Chem.* 50, 5167-5178.
- [23] Adenike, O.M. (2014). The Effect of Different Processing Methods on the Nutritional Quality and Microbiological Status of Cat Fish (*Clarias lezera*). *Journal of Food Processing and Technology*, 7537928, DOI: 10.4172/ 2157-7110.1000333
- [24] Ale, M. T.; Mikkelsen, J. D. and Meyer, A. S. (2011). Important determinants for fucoidan bioactivity: a critical review of structure–function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. *Marine Drugs*, 9(10), 2106–2130.
- [25] Fernando, I. P. S., et al. (2018). Fucoidan from marine brown algae: a potential therapeutic bioactive for human health. *Marine Drugs*, 16(10), 289.
- [26] Shobharani, P., et al. (2021). Fucoidan incorporated edible films and coatings for extending shelf life of seafood products. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 100745.
- [27] Shahrier, J.; Rasul, G.; Afrin, F.; Islam, R.; Shah, AKMA. (2023). Extension of shelf life of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using seaweed extracts during refrigerated storage. *Food Sci Nutr.* 7;11(11):7430-7440. doi: 10.1002/fsn3.3673
- changes of anchovy (*Encrasicholina punctifer*) during iced storage. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 29(5), 37-47. DOI: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.12.8 (In Persian)
- [16] Li T, Hu Z, Li J, Zhang X, Zhu J, Li X (2012) Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control* 25(1):101–106
- [17] Khezrian, A.; Shahbazi, Y., (2018). Application of nanocomposite chitosan and carboxymethyl cellulose films containing natural preservative compounds in minced camel's meat. *International Journal of Biological Macromolecules*. 106: 1146-1158.
- [18] Xiong, Y.; Li, S.; Warner, R.D.; Fang, Z., (2020). Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging, *Food Control*, 114: 107226
- [19] Singh, A.; Benjakul, S.; Zhang, B.; Deng, S.; Mittal, A. (2021). Effect of squid pen chitooligosaccharide in conjugation with different modified atmospheric packaging conditions on color and storage stability of tuna slices. *Food Control* 125, 108013. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108013>
- [20] Ozogul, Y.; Ayas, D.; Yazgan, H.; Ozogul, F.; Boga, E. K., & Ozyurt, G. (2010). The capability of rosemary extract in preventing oxidation of fish lipid. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(8), 1717-1723. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02326.x>
- [21] Sakifar, Y.; Karami, B. (2025). The Effect of Green Tea Extract on

در فایل بدون نام، این بخش حذف شود

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Sharifian, S., Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

✉ sharifian.s@cmu.ac.ir

 0000-0003-2669-8091

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE

 <http://doi.org/10.52547/joc.16.62.9>
 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1878-fa.html>
 <https://orcid.org/0000-0003-2669-8091>



COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.