مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

دوره ۲۱، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۹۲ تا ۱۰۳

مقاله پژوهشی

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

بررسی تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر خواص شیمیایی و میکروبی فیله ماهی سوف(*Sander lucioperca*) با استفاده از روش سطح پاسخ

امید معتمدیان[۱]، احمد قره خانی *[۲] ، امیر توکمه‌چی [۳]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران
۲. گروه دامپزشکی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران.
۳. گروه میکروبیولوژی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

***نویسنده مسئول، پست الکترونیک:** a.gharekhani@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۰/۰۷ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۰۴/۲۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۰۴/۲۳

شناسه دیجیتال (DOI):10.22113/JMST.2021.263684.2408

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تاثیر پوشش‌دهی فیله‌های ماهی سوف با کیتوزان در طول نگهداری در دمای یخچال با استفاده از روش سطح پاسخ بود. به‌منظور بررسی فرآیند پوشش‌دهی فیله ماهی سوف با کیتوزان از سه سطح درصد کیتوزان (۰/۵، ۱/۲۵ و ۲ درصد) و سه زمان نگهداری (۱، ۱۱ و ۲۱ روز) استفاده گردید و میزان pH، فعالیت آبی، شاخص تیوباربیتوریک اسید، تعداد باکتری‌های سرمادوست و پذیرش کلی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری و بهینه‌سازی فرآیند به روش سطح پاسخ انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد کیتوزان، میزان pH، شاخص تیوباربیتوریک اسید، تعداد باکتری‌های سرمادوست و پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش یافت و با افزایش زمان نگهداری میزان pH، فعالیت آبی، شاخص تیوباربیتوریک اسید و تعداد باکتری‌های سرمادوست افزایش ولی میزان پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش یافت. نتایج همچنین نشان داد که درصد کیتوزان تاثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آبی فیله‌های ماهی نداشت ($p>0/05$). مدل‌های مربوط به ویژگی‌های مختلف مورد اندازه‌گیری حاکی از اثر گذاری بیشتر متغیر خطی زمان نگهداری بر میزان این ویژگی‌ها بود. با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرآیند می‌توان بیان نمود که نمونه حاوی ۰/۵ درصد کیتوزان تا ۵ روز نگهداری دارای بیشترین مطلوبیت (۰/۶۲۹) بود. بر اساس یافته‌های بدست آمده از این بررسی می‌توان نتیجه گرفت که کیتوزان می‌تواند، ماندگاری فیله ماهی سوف را در دمای ۴ درجه سانتی گراد به طور مطلوبی افزایش دهد.

واژگان کلیدی: کیتوزان، فیله ماهی سوف، زمان نگهداری، روش سطح پاسخ، دمای یخچال

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cit

۱. مقدمه

ماهی به لحاظ قابلیت هضم خوب، محتوای بالای اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند دوگانه و همچنین پروفایل اسیدهای آمینه قابل مقایسه با سایر مواد غذایی می‌باشد. اما با این وجود، ماهی به لحاظ داشتن چربی و پروتئین نسبتا بالا، pH خنثی و وجود آنزیم‌های اتولیتیک، پتانسیل فساد شیمیایی و میکروبی را دارا می‌باشد. بنابراین یکی از دغدغه‌های اصلی در تولید و فرآوری محصولات شیلاتی مسئله نگهداری و افزایش زمان ماندگاری آن می‌باشد (Gomez-Estaca et al., 2009). استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی از زمان‌های قدیم معمول بوده است به‌عنوان مثال در چین پوشاندن پرتقال و لیموهای تازه با استفاده از موم برای جلوگیری از خشک شدن پوست میوه در قرن ۱۲ و ۱۳ مورد آزمایش قرار گرفت که مشخص شد این مواد از تبخیر آب مواد غذایی و تبادل گازهای تنفسی جلوگیری می‌کند در نتیجه تخمیر را کاهش می‌داد. در قرن ۱۶ در انگلستان غوطه‌ورسازی مواد غذایی در روغن مورد استفاده قرار گرفته است. پوشش خوراکی یک لایه نازک است که در سطح غذا رسوب کرده و خورده می‌شود پوشش خوراکی به خوبی خصوصیات یک ماده غذایی از قبیل رنگ خوشایند، رایحه، مزه و طعم را دارا می‌باشد (Khor, 2001). در سیستم‌های بسته‌بندی غیرخوراکی می‌توان از هر نوع ماده نگهدارنده‌ای استفاده نمود. موادی نظیر اسیدهای آلی و نمک‌های آنها، قارچ کش‌ها، آنتی بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها، الکل‌ها، تیول‌ها، آنتی اکسیدان‌ها، فلزات و گازهای ضدعفونی کننده، اما در مورد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی انتخاب نوع ماده ضد میکروبی تنها به ترکیبات خوراکی محدود می‌شود. زیرا از آنجا که این مواد همراه ماده بسته بندی و ماده غذایی مصرف می‌شوند، خوراکی بودن و ایمنی آن‌ها امری ضروری است (Durango et al., 2006). کیتین و کیتوزان به عنوان یک آمینو پلی‌ساکارید طبیعی که دارای ساختمان بی نظیر و خصوصیاتی چند منظوره هستند و به‌طور وسیعی در پزشکی و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله خصوصیات بارز آن‌ها می‌توان به سازگاری زیستی بالا، زیست تخریب پذیری قابل قبول در کنار سمیت پایین، همچنین خواص ضد باکتریایی و ضد حساسیت آن‌ها اشاره کرد (Mourya and Inamdar, 2008).

کیتوزان مشتقی از کیتین است که تعداد گروه‌های استیل موجود روی زنجیره پلیمر، تفاوت بین این دو پلیمر را مشخص می‌کند. پلیمری که ۱۰۰ درصد گروه‌های آمین آن استیل‌دار شده باشد را کیتین و پلیمری بدون گروه‌های آمیدی را کیتوزان می‌نامند. به طور قراردادی وجود ۵۰ درصد گروه‌های آمیدی به عنوان مرز بین کیتین و کیتوزان در نظر گرفته می‌شود (Aranaz et al., 2009). A Eldaly et al. (2018)، از کیتوزان به‌عنوان پوششی در نگهداری فیله مرغ استفاده کردند و بیان داشتند که استفاده از کیتوزان، ۹ روز مدت ماندگاری فیله مرغ در یخچال را افزایش می‌دهد و همچنین باعث بهبود خواص حسی آن نیز می‌گردد. Chen et al. (2020)، از کیتوزان به منظور جلوگیری از تجزیه پروتئین میوفیبریلار عضله و اکسیداسیون لیپیدهای نوعی صدف در دمای صفر درجه سانتی‌گراد بهره بردند و بیان داشتند که استفاده از پوشش کیتوزان از دناتوره شدن پروتئین‌ها جلوگیری و مانع از اکسیداسیون و هیدرولیز لیپیدهای ساختاری صدف می‌گردد و نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان دارای میزان اسید تیوباربیوتوریک، پراکسید و اسیدیته کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند. Haghighi و Yazdanpanah (2020) از پوشش کیتوزان حاوی عصاره دارچین و چای برای افزایش مدت ماندگاری فیله ماهی استفاده نمودند و نتایج این محققین نشان داد که استفاده از این پوشش به‌طور قابل توجهی میزان اسیدیته و شاخص تیوباربیتوریک اسید فیله‌های ماهی را کاهش داد. Shyu et al. (2019) از کیتوزان و ژلاتین ماهی در نگهداری سیب درختی استفاده نمودند که نتایج این مطالعه نشان داد که کیتوزان در کنترل میکروارگانیسم‌ها قابلیت مطلوبی دارد. Ahangar et al. (2020)، تاثیر انواع کیتوزان را بر شاخص‌های شیمیایی فیله فیل ماهی نگهداری شده در یخچال مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند که افزودن کیتوزان به فیله ماهی سبب جلوگیری و کاهش فعالیت‌های شیمیایی آن می‌گردد. با توجه به مطالبی که در این بخش از مطالعه مطرح گردید، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر پوشش‌دهی فیله‌های ماهی سوف با کیتوزان در طول نگهداری در دمای یخچال با استفاده از روش سطح پاسخ بود تا بهترین میزان غلظت کیتوزان و زمان نگهداری برای فیله ماهی سوف نگهداری شده در دمای یخچال مشخص گردد.

۲. مواد و روش‌ها

ماهی سوف تازه بعد از تهیه در کنار یخ به آزمایشگاه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه منتقل شد. ابتدا سطح بدن ماهی‌ها با الکل ۷۰ درصد و ضد عفونی و به کمک تیغ بیستوری پس از تخلیه امعاء و احشا پوست کنی در زیر هود لامینار انجام گرفت. سپس فیله ماهی سوف به صورت پروانه‌ای تهیه و جهت پوشش‌دار نمودن با غلظت‌های مختلف کیتوزان (با وزن مولکولی پائین، شرکت سیگما آمریکا، C3646) به تکه‌هایی به ابعاد ۲×۵×۵ سانتی‌متر مربع برش داده شدند.

ابتدا محلول‌های کیتوزان مطابق روش Yingyuad et al. (2006) جهت پوشش دادن فیله ماهی سوف در سه غلظت ۰/۵، ۱/۲۵ و ۲ درصد در محلول یک درصد اسید استیک گلاسیال به طور جداگانه تهیه شدند. قبل از استفاده محلول‌های کیتوزان، به کمک دستگاه هموژنایزر به صورت هموژن در آمده و در ظروف

مخصوص و استریل نگهداری شدند و برای پوشش دار نمودن فیله‌های ماهی سوف قطعات برش داده شده به مدت یک دقیقه در این محلول‌ها غوطه‌ور شدند. سپس اجازه داده شد تا فیله‌های غوطه ور شده در محلول‌های کیتوزان قبل از بسته بندی در مجاورت هوا خشک گردند. لازم به ذکر است تعدادی فیله به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند و با کیتوزان غوطه‌ور نشدند. برای بسته بندی در خلأ، فیله‌های پوشش داده شده با کیتوزان و بدون پوشش گذاری در کیسه‌های پلاستیکی مخصوص وکیوم قرار داده شده و سپس با استفاده از دستگاه بسته‌بندی وکیوم (هنکلمن، هلند)، بسته بندی شدند. سپس نمونه‌ها برای زمان‌های یک، ۱۱ و ۲۱ روز در یخچال نگهداری گردیدند.

برای اندازه‌گیری pH، مقدار ۱۰ گرم نمونه در ۳۰ میلی لیتر آب مقطر توسط دستگاه هموژنیزاتور با دور ۱۰۰۰ در دقیقه هموژنیزه شده و با وارد کردن الکترود pH متر در مخلوط، pH اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آبی با استفاده از a_w متر (با دقت ۰/۰۲ ± واحد) با قرار دادن حدود ۳ گرم نمونه در کیت مخصوص دستگاه انجام گرفت (Fan et al., 2009).

میزان اکسیداسیون چربی در نمونه‌ها به وسیله اندازه‌گیری مقادیر تیوباربیتوریک اسید (TBA: Thiobarbituric acid) با روش Pikul et al. (1989) انجام گرفت. مقدار ده گرم از هر نمونه در داخل لوله سانتریفوژ ۵۰ میلی لیتری وزن شد و با اضافه کردن ۳۰ میلی لیتراسید پرکلریک (مرک، آلمان) ۴ درصد و یک میلی‌لیتر محلول BHT (Butylated hydroxytoluene) (مرک، آلمان) ۰/۵ درصد در اتانول هموژنیزه شدند. مخلوط توسط فیلتر کاغذی واتمن شماره ۴ صاف شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده با ۵ میلی‌لیتر از محلول TBA (مرک، آلمان) ۰/۰۲ مولار در داخل لوله آزمایش دربدار مخلوط گردید و به مدت ۶۰ دقیقه در بن ماری آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب نوری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (کمپست، انگلستان) در طول موج ۵۳۲ نانومتر در برابر محلول شاهد (۵ میلی لیتر اسید پرکلریک ۴ درصد و ۵ میلی‌لیتر از محلول TBA ۰/۰۲ میلی مول) قرائت گردید و میزان TBA بر اساس میلی گرم مالون دی آلدئید در هر کیلوگرم نمونه محاسبه گردید (Pikul et al., 1989).

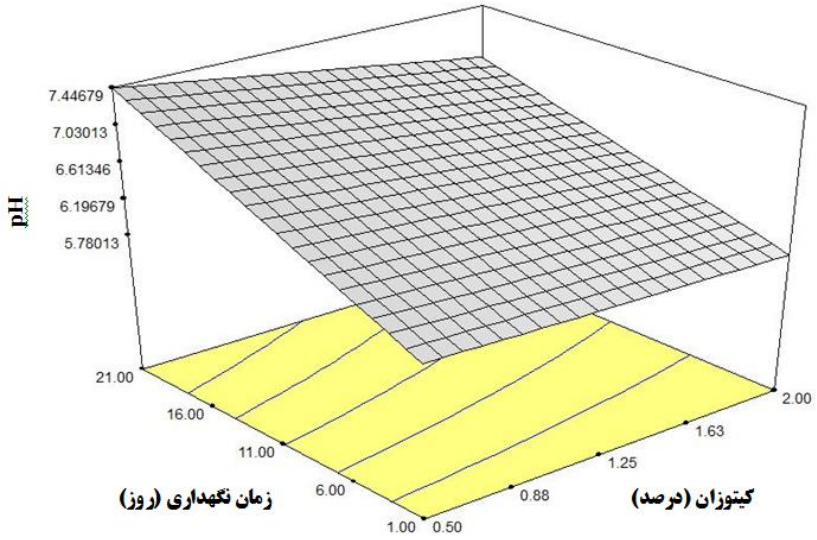
تعیین بار میکروبی بر طبق روش Downes و Ito (2001) صورت گرفت. ابتدا ۱۰ گرم نمونه با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیکر منتقل شده و توسط دستگاه استومیکر (استومیکر ۴۰۰ ساخت شرکت Seward انگلیس) به صورت هموژن درآمده سپس نمونه‌ها تا رقت 10^{-5} گرم در میلی لیتر رقیق شدند. ۱ میلی‌لیتر از هر رقت در پلیت قرار داده شده و ۱۵ میلی لیتر از محیط کشت PCA (پلیت کانت آگار) به آن افزوده شده و هر پلیت به منظور توزیع همگن نمونه به دقت تکان داده شد. لازم به ذکر است که از این محیط برای شمارش باکتری‌های سرمادوست هوازی در دمای ۷ درجه سانتی گراد به مدت یک هفته استفاده گردید.

جهت انجام ارزیابی حسی فیله‌های ماهی از روش تغییر یافته Baston و Barna (2010) استفاده شد. بدین منظور از یک گروه پنل ۶ نفره استفاده گردید، این ارزیابی حسی تحت شرایط مشابه نور و دمایی انجام گرفت. جهت امتیازدهی از یک مقیاس ۰ تا ۱۰ استفاده شد به نحوی که ۱۰ بیشترین امتیاز و ۰ کمترین امتیاز را داشت محصول با امتیاز کمتر از ۶ به عنوان محصول غیرقابل پذیرش تعریف گردید. در ضمن فیله ماهی به کمک سرخ کن در روغن مایع سرخ و در اختیار پنل قرار داده شد.

روش‌شناسی سطح پاسخ، با استفاده از یک طرح چرخش‌پذیر مرکب مرکزی برای ارزیابی پارامترهای ثابت مطالعه، میزان کیتوزان (x_1) و زمان نگهداری (x_2) بر میزان pH، فعالیت آبی، شاخص تیوباربیتوریک اسید، میزان باکتری‌ها و پذیرش کلی به‌عنوان پارامترهای متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. به کمک این طرح کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها قابل برآورد هستند. مهمترین مسئله در این تحقیق بررسی اثر متقابل فاکتورها و یافتن بهترین شرایط پوشش‌دهی فیله ماهی‌ها بود از این‌رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب گردید. برای ارزیابی رفتار سطوح پاسخ، یک معادله چند جمله‌ای درجه دوم برای هر متغیر مستقل برازش داده شد. کیفیت و صحت مدل رگرسیونی و مناسب بودن برازش صورت گرفته به وسیله پارمتر های آنالیز مدل، عدم برازش، و ضریب تعیین مشخص می شود و آنالیز آماری توسط نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 صورت گرفت.

۳. نتایج

نتایج مندرج در جدول ۱ نشان داد که بهترین مدل برای تفسیر تأثیر پارامترهای عملیاتی بر میزان pH، مدل چند جمله‌ای ساده است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر تغییرات میزان کیتوزان و زمان نگهداری بر pH معنی‌دار است. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است با افزایش درصد کیتوزان میزان pH نمونه‌ها کاهش ولی با افزایش زمان نگهداری این میزان افزایش یافت. با توجه به جدول ۳ می‌توان گفت که پارامتر خطی زمان نگهداری بیشترین تاثیر را بر این ویژگی دارد.



شکل ۱- تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان pH فیله‌های ماهی سوف

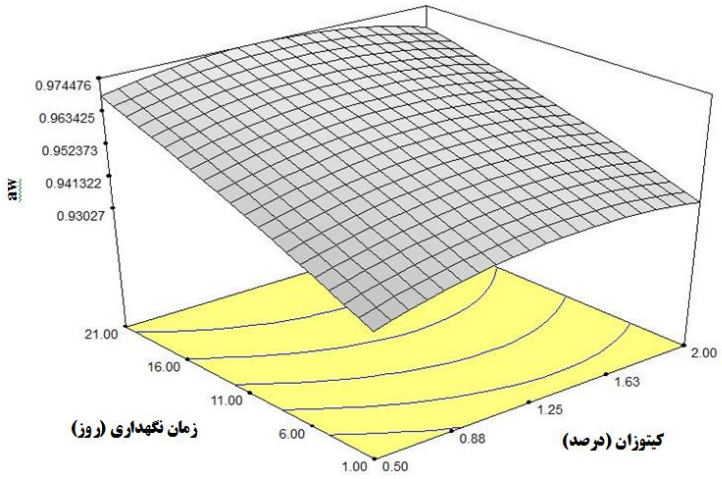
Fig. 1- Effect of chitosan covering and the preservation duration upon pH of perch fillet.

جدول ۱- انتخاب مدل برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

Table1- Selecting a model for the measured parameters.

مدل‌ها	فعالیت آبی		pH		تیوباربیتوریک اسید		باکتری‌های مزوفیل		پذیرش کلی	
	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
عرض از مبدا	۱۱/۸۷		۵۴۷/۳		۱/۴۱		۳۰۵/۵		۳۴۲/۷	
مدل خطی	۰/۰۰۱۷	<۰/۰۰۰۱	۲/۷۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۳۳	<۰/۰۰۰۱	۱۵/۹۱	<۰/۰۰۰۱	۱/۲۱	<۰/۰۰۰۱
چندجمله‌ای ساده	۰/۰۰۰۲۵	۰/۳۷	۰/۰۶۲	۰/۰۵	۰/۰۲۰	۰/۰۰۱۲	۰/۰۷۹	۰/۶۳	۰/۰۰	۱/۰۰
چندجمله‌ای درجه دوم	۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۹۸۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۲/۷۰	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۹۸۹
چندجمله‌ای درجه سوم	۰/۰۰۰۱۶	۰/۵۵۳	۰/۰۰۸	۰/۸۲۴	۰/۰۰۱۹	۰/۰۶۷	۰/۰۳۸	۰/۰۱۶	۰/۰۰	۱/۰۰
باقیمانده	۰/۰۰۰۰۶		۰/۱۰		۰/۰۰۱		۰/۰۰۸		۰/۰۰۱۶	
کل	۱۱/۸۷		۵۵۰/۲۱		۱/۷۶		۳۲۴/۲۴		۶۴۳/۹۲	

جدول ۱، نشان داد که برای پردازش داده‌های a_w فیله‌های ماهی، مدل چند جمله‌ای درجه دوم، بهترین مدل می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار نبودن اثر درصد کیتوزان بر میزان a_w نمونه‌ها بود ولی میزان زمان نگهداری بر میزان این شاخص معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان a_w افزایش یافت (شکل ۲). از طرفی مشخص شد که با افزایش درصد کیتوزان میزان فعالیت آبی نمونه‌ها به صورت غیرمعنی‌داری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. مقادیر F و همچنین مدل به‌دست آمده در جدول ۳، برای فعالیت آبی حاکی از اثر گذاری بیشتر متغیر خطی زمان نگهداری بر این ویژگی داشت.



شکل ۲- تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان a_w فیله‌های ماهی سوف

Fig. 2- Effect of chitosan covering and the preservation duration upon aw of perch fillet.

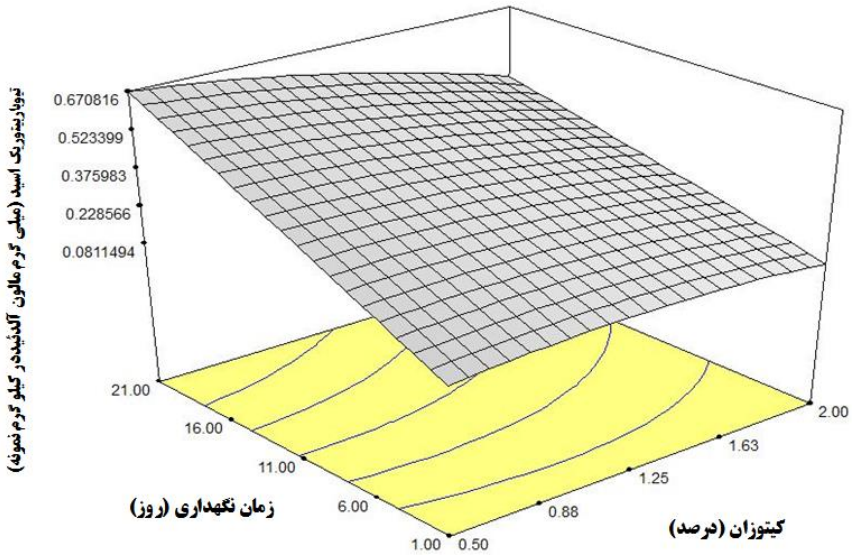
جدول ۲- آنالیز واریانس ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری

Table 2- Variance analysis of the measured features.

مدل ها	فعالیت آبی		pH		تیوباربیتوریک اسید		باکتری‌های مزوفیل		پذیرش کلی	
منبع	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
مدل	۰/۰۰۱۸	<۰/۰۱	۲/۸۰	<۰/۰۰۱	۰/۳۵	<۰/۰۰۱	۱۸/۶۹	<۰/۰۰۱	۱/۲۱	<۰/۰۱
X_1	۰/۰۰۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۲۰	<۰/۰۰۱	۰/۰۳۲	<۰/۰۰۱	۱۴/۲۹	<۰/۰۰۱	۰/۰۸۲	<۰/۰۰۱
X_2	۰/۰۰۱۷	۰/۲۶	۲/۵۳	<۰/۰۰۱	۰/۳۰	<۰/۰۰۱	۰/۰۵	<۰/۰۰۱	۱/۱۳	<۰/۰۰۱
X_1^2	۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۱	–	–	۰/۰۰۴	۰/۰۱۶۹	۲/۰۲	۰/۰۲۸	–	–
X_2^2	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۱۳	–	–	۰/۰۰۱	۰/۶۳۹	۰/۰۷	<۰/۰۰۱	–	–
$X_1 X_2$	۰/۰۰۰۰۲	۰/۴۳	۰/۰۶۲	۰/۰۵۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶	۰/۰۱	–	–
باقیمانده	۰/۰۰۰۷۹	–	۰/۱۱	_	۰/۰۰۲۹	–	۰/۰۴۲	–	۰/۰۰۱	–
فقدان برازش	۰/۰۰۰۶	۰/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۹۹	۰/۰۰۱۹	۰/۱۸۹	۰/۰۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵۸	۱/۰۰
خطای خالص	۰/۰۰۰۱	–	۰/۱	–	۰/۰۰۱	–	۱۸/۷۴	–	۰/۰۰۱۵	–
مجموع مربعات کل	۰/۰۰۱۹۷	–	۲/۹۱	–	۰/۳۶	–		–	۱/۲۱	–

نتایج جدول ۲، نشان داد که اثرات خطی میزان کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید مشابه بوده و در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار می‌باشند. همچنین اثرات متقابل نیز برخلاف اثر درجه دوم زمان نگهداری بر میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل (۳) ملاحظه می‌گردد با افزایش درصد کیتوزان و کاهش زمان نگهداری میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید کاهش یافت. مدل مربوط به این شاخص حاکی از اثر گذاری بیشتر متغیر خطی

زمان نگهداری بر میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید بود (جدول ۳).



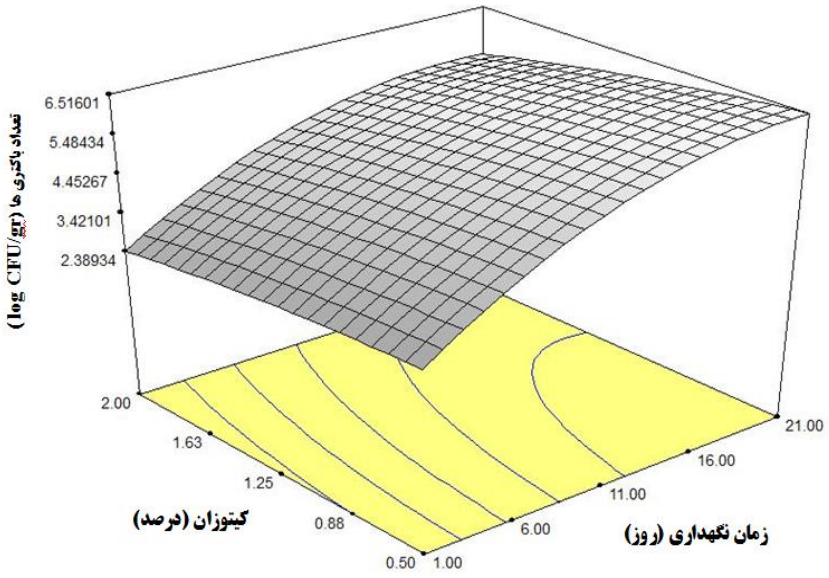
شکل ۳- تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان تیوباربیتوریک اسید فیله‌های ماهی سوف

Fig. 3- Effect of chitosan covering and the preservation duration upon the level of thiobarbituric acid in perch fillet.

همان‌طور که نتایج مندرج در جدول ۱ نشان داد؛ بهترین مدل انتخابی برای میزان باکتری‌های سرمادوست در فیله‌های ماهی، مدل چند جمله‌ای درجه دوم است و بر مبنای این مدل، آنالیزها صورت گرفت. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی پارامترهای مورد بررسی (درصد کیتوزان و زمان نگهداری) تأثیر معنی‌داری روی میزان باکتری‌های سرمادوست داشت. اثرات درجه دوم این پارامترها و همچنین اثر متقابل آنها نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان باکتری‌های سرمادوست داشتند. بررسی مقادیر F و جدول ۳ مشخص نمود که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، همانند دو ویژگی قبلی مورد بررسی، پارامتر خطی زمان نگهداری بیشترین تأثیر را بر روند میزان باکتری‌های سرمادوست داشت. با افزایش درصد کیتوزان میزان باکتری‌های سرمادوست کاهش ولی با افزایش زمان نگهداری میزان باکتری‌های سرمادوست افزایش یافت (شکل ۴).

بهترین مدل انتخابی برای میزان پذیرش کلی نمونه‌های تهیه شده، مدل خطی بود (جدول ۱). نتایج جدول ۲ نشان داد که فقط اثرات خطی پارامترهای مورد مطالعه بر میزان پذیرش کلی معنی‌دار بود در نتیجه اثرات درجه دوم و متقابل این پارامترها از مدل نهایی که در جدول ۳ آورده شده است، حذف گردیدند. از شکل ۵، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش زمان نگهداری و همچنین درصد کیتوزان منجر به کاهش پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی از دید ارزیاب‌ها می‌گردد.

به‌منظور یافتن بهترین شرایط نگهداری فیله ماهی سوف، با توجه به درصد کیتوزان که در دامنه ۰/۵ تا ۲ درصد و زمان نگهداری که بین یک تا ۲۱ روز تنظیم شده بود، فرآیند پوشش‌دهی فیله ماهی‌ها در شرایط ذکر شده به منظور رسیدن به حداکثر پذیرش کلی و حداقل فعالیت آبی، تعداد باکتری‌های سرمادوست و شاخص تیوباربیتوریک اسید بهینه‌یابی گردید. نتایج نشان داد که به منظور رسیدن به اهداف ذکر شده، بایستی میزان کیتوزان ۰/۵ درصد و زمان نگهداری ۵ روز باشد، تحت شرایط مذکور مطلوبیت ۰/۶۲۹ حاصل گردید. جدول ۴ نشان داد که استفاده از پوشش کیتوزان در نگهداری فیله ماهی سوف منجر به کاهش pH ، فعالیت آبی، شاخص تیوباربیتوریک اسید و تعداد باکتری‌های سرمادوست نسبت به نمونه فاقد کیتوزان می‌گردد.



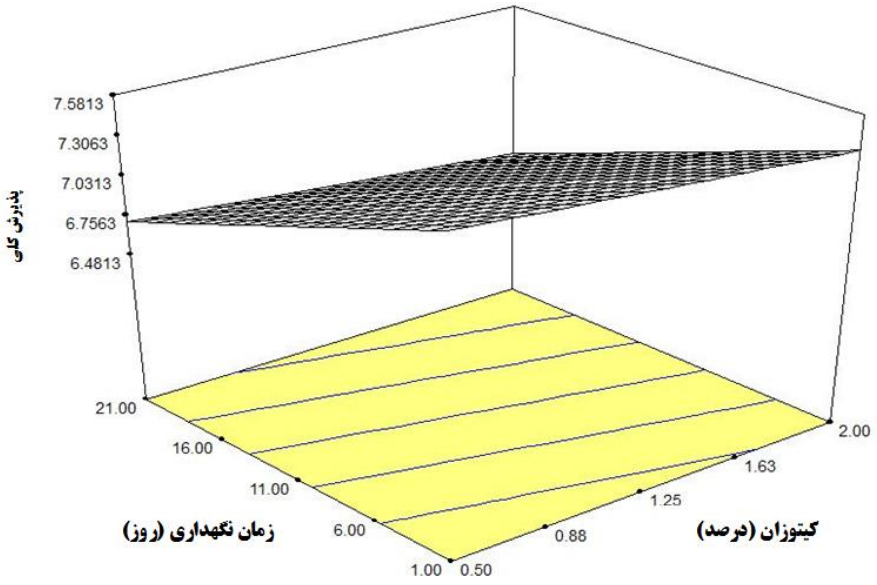
شکل ٤- تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان باکتری‌های سرمادوست

Fig. 4- Effect of chitosan covering and the preservation duration upon psychrotrophic bacteria level.

جدول ۳. مدل‌های برازش داده شده برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

Table 3- Models fitted for the measured Parameters.

ردیف	متغیر اندازه‌گیری شده	مدل بدست آمده	R^2	R^2-adj	ضریب تغییرات
۱	**فعالیت آبی**	$y= +0.96 +0.001 X_1+0.017 X_2 - 0.007X_1^2 - 0.001 X_2^2 - 0.002X_1X_2$	۰/۹۵۹	۰/۹۳۱	۰/۳۵
۲	**pH**	$y= +6.49 - 0.18X_1+0.65 X_2 - 0.12X_1X_2$	۰/۹۶۱	۰/۹۴۸	۱/۷۲
۳	**تیوباربیتوریک اسید**	$y= +0.35 - 0.073 X_1+0.22X_2 - 0.039X_1^2 - 0.006 X_2^2 - 0.071X_1X_2$	۰/۹۹۲	۰/۹۸۵	۶/۲۴
۴	**مزوفیل**	$y= +5.30 - 0.52 X_1+1.54X_2 - 0.13X_1^2 - 0.85 X_2^2 - 0.14X_1X_2$	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۱/۶۷
۵	**پذیرش کلی**	$y= +7.03 - 0.12 X_1 - 0.43 X_2$	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۱۷



شکل ۵ - تاثیر پوشش کیتوزان و زمان نگهداری بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های تهیه شده

Fig. 5- Effect of chitosan covering and the preservation duration upon the acceptance level of the preserved samples.

جدول ٤-مقایسه نمونه حاصل از شرایط بهینه با نمونه شاهد

Table 4- A Comparison between the resulted sample in optimum conditions with the Control Sample.

نوع نمونه	pH	فعالیت آبی (%)	شاخص تیوباربیتوریک اسید	تعداد باکتری‌های سرمادوست	پذیرش کلی
بهینه	۶/۳^{b}	۰/۹۳^{b}	۰/۱۹^{b}	۴/۲۳^{b}	۷/۰۳^{b}
شاهد	۶/۶ ^{a}	۰/۹۵^{a}	۰/۳۲^{a}	۵/۲۵^{a}	۷/۳^{a}

٤. بحث و نتیجه گیری

همانطور که شکل ۱ نشان می‌دهد، استفاده از پوشش کیتوزان از راه کاهش تولید ازت فرار تام(Total voletile nitrogen) pH نمونه‌ها را به طور قابل توجهی کاهش داده است. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده از مطالعات سایر محققین مانند Vasconez et al. (2017)، Yu et al. (2009)، Yingyuad et al. (2006) و Fan et al. (2009) Duan et al. (2007) مطابقت دارد که نشان دادند استفاده از پوشش کیتوزان در نمونه‌های گوشت باعث کاهش جزئی میزان pHدر طول مدت نگهداری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش می‌گردد که این هم احتمالا به علت پوشش اسیدی کیتوزان (۴/۶۳–۴/۵۸) در سطح گوشت و خصوصیت مهار رشد میکروبی آن می‌باشد. افزایش pH نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری را نیز می‌توان به فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک و باکتری‌های پروتئولیتیک ماهی نسبت داد (Kilincceker et al., 2009). Latou et al. (2014) علت اصلی افزایش pH در گوشت مرغ خام در دمای یخچال را تولید ترکیبات قلیایی مثل آمونیاک و تری متیل آمین که ناشی از شکسته شدن پروتئین‌های گوشت توسط میکروارگانیسم‌ها، پروتئین‌های میکروبی و نیز فعالیت آنزیم‌های میکروبی و اندوژنوس می‌باشد. نتایج این بخش با نتایج Sullivan et al. (2020) که از نوعی پوشش طبیعی برای افزایش ماندگاری فیله ماهی اروپایی استفاده کرده بودند، تطابق داشت. بطور کلی میزان pH عضله ماهی زنده نزدیک به ۷ می باشد که پس از مرگ بر اساس فصل، گونه و فاکتورهای دیگر از ۶ تا ۷ تغییر می‌کند (Arashisar et al., 2004)، در تمامی نمونه‌های آزمایش که برای ۲۱ روز نگهداری شده بودند، مقادیر

این شاخص بجز نمونه‌های حاوی ۲ درصد کیتوزان داشتند، pH بیش از ۷ داشتند. Ghoreishvandi et al. (2020) نیز بیان داشتند با افزایش نگهداری میزان pH ماهی نکهداری شده در یخ نیز افزایش می‌یابد که همراستا با این نتایج بود.

شکل ۲ نشان داد که افزایش کیتوزان تاثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آبی نداشت ولی با افزایش زمان نگهداری میزان فعالیت آبی احتمالا به علت آزادسازی بیشتر آب آزاد توسط میکروارگانیسم‌ها افزایش یافت. فعالیت آبی یکی از پارامترهای کیفی مرتبط با مقدار آب آزاد بافت است که مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است با توجه به این‌که آب جزء اصلی ترکیبات اغلب مواد غذایی است، سرعت واکنش‌هایی که به زوال یک فرآورده منجر می‌شود به مقدار آب و فعالیت آبی آنها بستگی دارد (Wills et al., 1989).

همانطور که در شکل ۳، آورده شده است، افزایش درصد کیتوزان منجر به کاهش شاخص تیوباربیتوریک اسید نمونه‌ها می‌گردد ولی افزایش زمان نگهداری منجر به افزایش آن شد. Pereda et al. (2011)، مکانیسم عمل کیتوزان را برای کاهش اکسیداسیون چربی در غذاهای گوشتی، نقش آن به‌عنوان یک عامل حذف کننده‌ی یون‌های فلزی مثل یون‌های آهن که مسئول شروع پراکسیداسیون لیپیدها و آغاز واکنش‌های زنجیره‌ای هستند و منجر به بد شدن طعم و بوی مواد غذایی می‌شوند، بیان کردند. شاخص تیوباربیتوریک اسید شاخصی است که به‌طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری اکسیداسیون لیپید به وسیله اندازه‌گیری مالون دی‌آلدئید استفاده می‌شود. Teets et al. (2008) گزارش کردند؛ TBA با میزان ۳ میلی گرم مالون دی آلدئید در هر کیلوگرم گوشت همراه با فساد اکسیداتیو در گوشت می‌باشد. در مطالعه‌ای، Yingyuad et al. (2006) نشان دادند که استفاده از پوشش کیتوزان در گوشت خوک نگهداری شده در دمای یخچالی باعث کاهش قابل توجه اکسیداسیون چربی و افزایش کیفیت و مدت ماندگاری گوشت می‌گردد. نتایج این بخش با نتایج Chen et al. (2020) مطابقت داشت. Jorjani et al. (2018) نیز بیان داشتند که با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های فیله ماهی نگهداری شده در یخچال افزایش یافت و استفاده از کیتوزان در پوشش مورد استفاده در این نمونه‌ها منجر به کاهش این میزان افزایش گردید. Seifzadeh et al. (2011) نیز بیان داشتند که در طول نگهداری ماهی کیلکا در دمای انجماد میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید افزایش می‌یابد که این افزایش در ماهی‌های پوشش‌دار کمتر می‌باشد که با نتایج این بخش همخوانی داشت.

نتایج نشان داد که (شکل ۴) کاهش میزان کیتوزان و افزایش زمان نگهداری منجر به افزایش لگاریتم باکتری‌های سرمادوست در نمونه‌های مختلف در دمای یخچال، گردید که سرعت این افزایش در نمونه‌هایی که میزان کیتوزان کمتر بود، بیشتر بود. فاکتورهای متعددی بر فعالیت ضد باکتریایی کیتوزان اثر گذار است. اگرچه مکانیسم دقیق آن هنوز به روشنی مشخص نشده اما نظرات متفاوتی برای آن ارائه شده است. برخی این اثر کیتوزان را به وجود گروه‌های آمینی با بار مثبت نسبت داده‌اند که با درشت ملکول‌های بار منفی در سطح سلول میکروبی پیوند ایجاد کرده و منجر به گسیختگی غشای سلول باکتری، نشت مواد درون سلولی و در نهایت مرگ آن می‌شود (No et al., 2007). علاوه بر آن کیتوزان می‌تواند بصورت خراشیدن لایه لیپوپلی‌ساکاریدی غشای خارجی باکتری و یا عملکرد آن بصورت سدی در مقابل نفوذ اکسیژن باشد (Jeon et al., 2002). مشاهدات این تحقیق با مشاهدات Duan et al. (2007) منطبق است. این محققین گزارش کردند که استفاده از پوشش کیتوزان در ماهی، شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی و سرمادوست را به طور قابل توجهی در طول مدت نگهداری در شرایط سرما کاهش می‌دهد و میزان آن در طول ۲ هفته نگهداری زیر $۱۰^{۷}$ واحد تشکیل دهنده کلنی در هر گرم می‌ماند. Vasconez et al. (2009) و No et al. (2007) نیز در استفاده از پوشش کیتوزان به ترتیب در فیله ماهی سالمون و گوشت گاو و نگهداری در شرایط سرما به نتایج مشابهی دست یافتند.

نتایج شکل ۵ به خوبی نشان داد که افزایش درصد کیتوزان و همچنین زمان نگهداری پذیرش کلی را از دید ارزیاب‌ها کاهش داد. در مطالعه Brannan (2009) گزارش شده است که استفاده از کیتوزان ۱ درصد به تنهایی در گوشت سینه مرغ هیچ گونه تغییری را در نمره حسی و یا رنگ نمونه‌ها ایجاد نمی‌کند بلکه باعث کاهش طعم و بوهای نامطلوب در گوشت مرغ می‌شود. Banon et al. (2007) و Carpenter et al. (2007) نیز در استفاده از پوشش کیتوزان بر روی نمونه‌های گوشت گاو و خوک به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج این مطالعه با نتایج Fan et al.(2009) که بیان داشته بودند، افزایش زمان نگهداری به علت بو ناشی از فساد ماهی منجر به کاهش پذیرش توسط ارزیاب‌ها می‌گردد، مطابقت داشت.

از آنجا که یکی از دغدغه‌های اصلی در تولید و فرآوری محصولات شیلاتی مسئله نگهداری و افزایش زمان ماندگاری آن می‌باشد این مطالعه نشان داد که استفاده از پوشش‌دهی با کیتوزان می‌تواند با کاهش میزان pH، شاخص تیوباربیتوریک اسید و تعداد باکتری‌های سرمادوست منجر به افزایش مدت ماندگاری فیله‌های ماهی در یخچال گردد. از طرفی مشخص گردید که به منظور رسیدن محصولی با مطلوبیت بالا، بایستی میزان کیتوزان مورد استفاده در پوشش ۰/۵ درصد باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان این مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماکو ابراز می دارند.

Refrences:

Ahangar, R., Alishahi, A., Daneshvar, S. M., Ojagh, S. M. and Mirsadeghi, H. 2020. The effect of different types of chitosan on the chemical characteristics of huso fillet (Huso huso) stored in refrigerator. *Fisheries Science and Technology*, *9*(4), pp.232-243. (In Persian).

Aranaz, I., Mengíbar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., Galed, G. and Heras, Á., 2009. Functional characterization of chitin and chitosan. *Current chemical biology*, *3*(2), pp.203-230. https://doi.org/10.2174/187231309788166415.

Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M. and Yanik, T., 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (Oncorynchus mykiss) fillets. *International journal of food microbiology*, *97*(2), pp.209-214.

Banon, S., Díaz, P., Rodríguez, M., Garrido, M.D. and Price, A., 2007. Ascorbate, green tea and grape seed extracts increase the shelf life of low sulphite beef patties. *Meat science*, *77*(4), pp.626-633.

Baston, O. and Barna, O., 2010. Raw chicken leg and breast sensory evaluation. *Food Science and technology*, *11*(1), pp.25-30.

Brannan, R.G., 2009. Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage. *Meat science*, *81*(4), pp.589-595.

Carpenter, R., O'grady, M.N., O'callaghan, Y.C., O'brien, N.M. and Kerry, J.P., 2007. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat science*, *76*(4), pp.604-610.

Chen, X., Lv, M., Gan, H., Zeng, D., Yang, C. and Ma, H., 2020. Impact of chitosan-based coatings on myofibrillar protein denaturation, muscle microstructure and lipid oxidation of oyster (Crassostrea hongkongensis) during 0 C storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *29*(10), pp.1001-1012. https://doi.org/10.1080/10498850.2020.1828525.

DOWNES, F. and ITO, K., Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

Duan, J., Park, S.I., Daeschel, M.A. and Zhao, Y., 2007. Antimicrobial chitosan-lysozyme (CL) films and coatings for enhancing microbial safety of mozzarella cheese. *Journal of Food Science*, *72*(9), pp.M355-M362.

Durango, A.M., Soares, N.F.F. and Andrade, N.J., 2006. Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food control*, *17*(5), pp.336-341. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.10.024.

A Eldaly, E., Mahmoud, F.A. and Abobakr, H.M., 2018. Preservative effect of chitosan coating on shelf life and sensory properties of chicken fillets during chilled storage. *Journal of Nutrition and Food Security*, *3*(3), pp.139-148.

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. *Food chemistry*, *115*(1), pp.66-70. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.060.

Ghoreishvandi, S., Hosseini, S.N. and Rezaie, A., 2021. Study of microbial, biochemical and sensorial changes in Gattan (Luciobarbus xanthopterus) during ice storage. *Journal of Marine Science and Technology*, *19*(4), pp.13-24. (In Persian).

Haghighi, M. and Yazdanpanah, S., 2020. Chitosan-Based Coatings Incorporated with Cinnamon and Tea Extracts to Extend the Fish Fillets Shelf Life: Validation by FTIR Spectroscopy Technique. *Journal of Food Quality*, 2020, pp.1–7. https://doi.org/10.1155/2020/8865234.

Jeon, Y.J., Kamil, J.Y. 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*(18), pp.5167-5178.

Jorjani, S., Ghlichi, A., Hedayati Fard, M. (2018). 'Effect of chitosan coating enriched with rice-bran extract on the shelf-life of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) during cold storage', *Journal of Food Research*, 28(3), pp. 153-167. (In Persian).

Khor, E., 2001. Chitin, Fulfilling a Biomaterials Promise, Dept. *Of Chemistry, National University of Singapore, Rep. Of Singapore*.

Kilincceker, O., Dogan, I.S. and Kucukoner, E., 2009. Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *LWT-Food science and Technology*, *42*(4), pp.868-873.

Latou, E., Mexis, S.F., Badeka, A.V., Kontakos, S. and Kontominas, M.G., 2014. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. *LWT-Food science and Technology*, *55*(1), pp.263-268.

Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., Gómez-Guillén, M.C., López-Caballero, M.E. and 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), pp.46-52. https://doi.org/10.1080/10498850802581252

Mourya, V.K. and Inamdar, N.N., 2008. Chitosan-modifications and applications: Opportunities galore. *Reactive and Functional polymers*, *68*(6), pp.1013-1051. https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2008.03.002.

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. and Xu, Z., 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of food science*, *72*(5), pp.R87-R100.

Pereda, M., Ponce, A.G., Marcovich, N.E., Ruseckaite, R.A. and Martucci, J.F., 2011. Chitosan-gelatin composites and bi-layer films with potential antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, *25*(5), pp.1372-1381.

Pikul, J., Leszczynski, D.E. and Kummerow, F.A., 1989. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *37*(5), pp.1309-1313. https://doi.org/10.1021/jf00089a022.

Seifzadeh, M., Motalebi, A. And Mazloumi, M., 2011. Effect Of Coating Time By Sodium Alginate Edible Film On Quality And Shelf Life Of Frozen Kilka (Clupidaes Delicatula). *Journal Of Marine Science And Technology Research*, *10*(1), Pp.68-80. (In Persian).

Shyu, Y.S., Chen, G.W., Chiang, S.C. and Sung, W.C., 2019. Effect of chitosan and fish gelatin coatings on preventing the deterioration and preserving the quality of fresh-cut apples. *Molecules*, *24*(10), p.2008. https://doi.org/10.3390/molecules24102008.

Sullivan, D.J., Cruz-Romero, M.C., Hernandez, A.B., Cummins, E., Kerry, J.P. and Morris, M.A., 2020. A novel method to deliver natural antimicrobial coating materials to extend the shelf-life of European hake (Merluccius merluccius) fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, *25*, p.100522.

Teets, A.S., Sundararaman, M. and Were, L.M., 2008. Electron beam irradiated almond skin powder inhibition of lipid oxidation in cooked salted ground chicken breast. *Food Chemistry*, *111*(4), pp.934-941.

Vásconez, M.B., Flores, S.K., Campos, C.A., Alvarado, J. and Gerschenson, L.N., 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, *42*(7), pp.762-769.

Wills, R.B.H., Mcglasson, W.B., Graham, D., Tlee, H. and Hall, E.G. 1989. *Postharvest-An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 3. New York: Van Nostrand Reinhold.

Yingyuad, S., Ruamsin, S., Reekprkhon, D., Douglas, S., Pongamphai, S. and Siripatrawan, U., 2006. Effect of chitosan coating and vacuum packaging on the quality of refrigerated grilled pork. *Packaging technology and science: An international journal*, *19*(3), pp.149-157. https://doi.org/10.1002/pts.717.

Yu, D., Li, P., Xu, Y., Jiang, Q. and Xia, W., 2017. Physicochemical, microbiological, and sensory attributes of chitosan-coated grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fillets stored at 4 C. *International Journal of Food Properties*, *20*(2), pp.390-401.

Journal of Marine Science and Technology

Spring 2022, Vol. 21, No.1. p.92-103.

Available Online: http://jmst.kmsu.ac.ir

Original Article

Effects of chitosan film and storage time on chemical and microbial properties of perch fillet (*Sander lucioperca*) by response surface method

Omid Motamedian [1], Ahmad Gharekhani [*2], Amir Tukmechi [3]

[1] Department of Food Science and Technology, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran
[2] Department of Veterinary Medicine, Maku Branch, Islamic Azad University, Maku, Iran
[3] Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran

*Corresponding author, E-mail: a.gharekhani@yahoo.com

Received: 27 December 2020 **Revise Date:** 11 July 2021 **Accepted:** 14 July 2021

DOI: 10.22113/JMST.2021.263684.2408

Abstract:

This study aimed at evaluating the use of chitosan as a coat to improve the shelf life of perch fillet. For this purpose, low molecular weight chitosan was prepared and three different levels (0.5, 1, and 2 percentage) were used as a food coat in perch fillet. The samples were stored in refrigerator temperature(4 and 7 ºC) for 21 days. Bacterial analysis indicated that coating had significant effects ($P<0.05$) on reducing the mesophilic and psychrophilic counts with at least a 7-day extension of shelf life. The chitosan-coated products showed lower TBA and pH values than the uncoated samples for up to 21 days of storage at 4°C. The results indicated that the application of chitosan coating significantly improved ($P<0.05$) the sensory quality of samples. This study thus clearly indicated that the effects of chitosan coating on samples were to retain their good quality characteristics and extend the shelf life during refrigerated storage, which was supported by the results of microbiological, chemical, and sensorial properties.

Keywords: Chitosan, Perch Fillet, Response Surface Method, Shelf Life, Refrigerator Temperature

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.