J. Oceanography (JOC). Volume15 (59): 91-104, fall 2024

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Effect of gelatin-polycaprolactone composite film incorporated with lysozyme on the shelflife of refrigerated mackerel Scomberomorus commerson during storage at refrigerator

Khodanazary, A.[1,2,*]

[1] *Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.*
[2] *Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.*

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2024/11/23
Revised: 2025/01/27
Accepted: 2025/01/4

Keywords:
Scomberomorus commerson
Gelatin
Polycaprolactone
lysozyme
Shelflife

*Corresponding author:

✉*khodanazary@yahoo.com*

doi:10.52547/joc.15.59.7
orcid: 0000-0001-8960-7324

ABSTRACT

Background and Objectives: The aim of this study was to evaluate the preservation effect of the lysozyme combination addition on gelatin-polycaprolactone composite film on the quality of mackerel *Scomberomorus commerson* via physicochemical analysis (pH, Total viable bases nitrogen, thiobarbituric acid reactive substances and Free fatty acid), microbiological (total mesophilic and psychrotrophic bacteria) and sensorial assessments during refrigerated storage.

Methods: Fish fillets were wrapped in three groups including: 1) control sample, 2) gelatin-polycaprolactone composite film, 3) gelatin-polycaprolactone+ lysozyme composite film.

Findings: The results showed that incorporating lysozyme into gelatin-polycaprolactone solution could significantly ($P < 0.05$) improve the quality of fish fillets. Among all treatments, total mesophilic and psychrotrophic bacteria of mackerel fish with the control treatment increased rapidly and was generally higher than other treatments ($P < 0.05$). Thus, gelatin-polycaprolactone film containing lysozyme can remarkably delay the growth of bacteria of mackerel fillets. The results indicated that the lysozyme could be effective in the reduction of TBARS and FFA values of mackerel wrapped due to antibacterial activity against bacteria which produced enzymes for hydrolysis of lipids. It was seen that the addition of lysozyme improved sensory quality of mackerel fish and these results are supported by the outcomes of bacterial and physicochemical analysis. The increase (>9 days) in the shelf-life was attributed to the antioxidant and antimicrobial characteristics of gelatin-polycaprolactone film containing lysozyme.

Conclusion: These results confirmed that gelatin-polycaprolactone+ lysozyme composite film was effective for the preservation of mackerel.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
1	5	38

مقاله پژوهشی

تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین/ پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر ماندگاری ماهی شیر Scomberomorus commerson طی نگهداری در یخچال

آی ناز خدانظری[1,2]

[1] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.
[2] گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۳
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۳/۱۱/۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

واژگان کلیدی:
Scomberomorus commerson
ژلاتین
پلی کاپرولاکتون
لیزوزیم
ماندگاری

*نویسنده مسئول:
✉khodanazary@yahoo.com

doi:10.52547/joc.15.59.7

orcid: 0000-0001-8960-7324

چکیده

پیشینه و اهداف: هدف از مطالعه حاضر، تاثیر حفاظتی لیزوزیم بر فیلم مخلوط ژلاتین-پلی کاپرولاکتون بر کیفیت ماهی شیر *Scomberomorus commerson* از طریق آنالیزهای فیزیکوشیمیایی (pH، بازهای ازته فرار، تیوباربیتوریک اسید و اسید چرب آزاد)، شمارش میکروبی (باکتری های مزوفیل و سرمادوست) و ارزیابی حسی طی نگهداری در یخچال بود.

روش‌ها: فیله های ماهی در سه گروه شامل ۱) تیمار شاهد، ۲) مخلوط ژلاتین/ پلی کاپرولاکتون و ۳) مخلوط ژلاتین/ پلی کاپرولاکتون+ لیزوزیم غوطه ور شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزودن لیزوزیم در محلول ژلاتین/ پلی کاپرولاکتون می تواند به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) کیفیت ماهی را بهبود بخشد. در میان همه تیمارها، تعداد باکتری مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی شیر نمونه شاهد به سرعت افزایش یافت و در مقایسه با سایر تیمارها بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). بنابراین، فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون محتوی لیزوزیم می تواند به طور قابل توجه رشد باکتری فیله ماهی شیر را به تاخیر بیاندازد. نتایج نشان داد که لیزوزیم می تواند در کاهش مقادیر تیوباربیتوریک اسید و اسید چرب آزاد ماهی شیر لفاف پیچ شده طبق فعالیت آنتی باکتریایی در برابر باکتری هایی که آنزیم ها برای هیدرولیز چربی ها تولید می کنند، موثر باشد. افزودن لیزوزیم کیفیت حسی ماهی ماکرل را بهبود می بخشد و این نتایج با آنالیزهای باکتریایی و فیزیکوشیمیایی در ارتباط است. افزایش طول مدت ماندگاری (بالای ۹ روز) به ویژگی های آنتی اکسیدانی و آنتی میکروبی فیلم ژلاتین و پلی کاپرولاکتون همراه با لیزوزیم نسبت داده شد.

نتیجه‌گیری: این نتایج تایید می کند که فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون محتوی عصاره لیزوزیم بر حفاظت ماهی شیر تاثیر داشت.

مقدمه

ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*؛ Scombridae) که در فارسی به آن ماهی شیر نیز می‌گویند، پرطرفدارترین گونه ماهی در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری از جمله جنوب ایران با بالاترین ارزش اقتصادی می باشد [۱]. *S.commerson* به دلیل مقدار کلسترول پایین و پروتئین بالا یکی از منابع مهم غذاهای دریایی است. این ماهی به طور عمده در بازار ایران به صورت ماهی کامل یا ماهی شکم خالی شده عرضه می شود. ماهی و فرآورده های شیلاتی به دلیل میزان آب زیاد، اسیدهای آمینه آزاد و سایر ترکیبات نیتروژن دار غیر پروتئینی فاسد شدنی ترند. پس از صید، افت کیفیت ماهی تازه، حتی در شرایط نگهداری در سرما، ناشی از تغییرات حاصل از اکسیداسیون لیپیدها و فعالیت آنزیمی می باشد [۲]. در حالی که بعد از گذشت زمان نگهداری، فعالیت میکروبیولوژیکی و متابولیت های حاصل از فعالین آنها می تواند باعث ایجاد افت شدید کیفیت فرآورده های ماهی شود. بنابراین، استفاده از تکنیک‌های نوین متنوع برای به تاخیر انداختن فساد ماهی‌ها و افزایش ماندگاری محصولات غذاهای دریایی ضروری است. مطالعات قبلی به این نتیجه رسیدند که افزودنی های طبیعی و بیوپلیمرهای مختلف به عنوان مواد بسته بندی مانند کربوهیدرات ها و پروتئین ها در افزایش ماندگاری غذاهای دریایی موثر بودند [۳،۴]. در میان این بیوپلیمرها، ژلاتین حاصل از هیدرولیز نسبی کلاژن، آبدوست با میل ترکیبی و سازگاری خوب است. همچنین ژلاتین قابلیت تشکیل پوشش‌هایی با خواص خوب از جمله قابلیت فیلم‌سازی عالی، زیست‌تخریب‌پذیری، فراوانی، ظرفیت ممانعت اکسیژن خوب، نقطه ژل و ذوب پایین و توانایی بالقوه و همچنین به عنوان یک حامل برای عوامل عملکردی دارد [۵-۷]. در حالی که ژلاتین دارای مشکلاتی مانند خواص ضعیف ممانعتی در برابر بخار آب و خواص مکانیکی است. برای غلبه بر این مشکلات، می توان از برخی مواد شیمیایی یا مواد پلیمری برای بهبود خواص مکانیکی و مانع استفاده کرد [۸]. Saki و همکاران [۹] و Nowzari و همکاران [۱۰] نشان داد که پوشش و/فیلم های دولایه و کامپوزیت کیتوزان-ژلاتین عمر مفید غذاهای دریایی را در طول ذخیره سازی افزایش می دهد. طبق گفته Rescek و همکاران [۱۱]، فیلم پلی اتیلن/پلی کاپرولاکتون خواص فیزیکی و خواص بازدارنده بسته بندی را اصلاح کردند. Sogut و Seydim [۱۲] نشان دادند که فیلم های دولایه کیتوزان و پلی‌کاپرولاکتون خواص عملکردی و مقاومت مکانیکی بهتری نسبت به فیلم‌های تک لایه کیتوزان نشان می‌دهد. Sogut و Seydim [۱۳] دریافتند که فیلم های دولایه مبتنی بر کیتوزان و پلی‌کاپرولاکتون برای افزایش ماندگاری فیله‌های سینه مرغ استفاده شده‌اند. پلی کاپرولاکتون، یک پلی استر آلیفاتیک ترموپلاستیک، دارای خواص انعطاف پذیر و زیست تخریب پذیر است. با این حال، هیچ اطلاعات منتشر شده ای در مورد استفاده از پوشش های ژلاتین در ترکیب با پلی کاپرولاکتون برای محصولات شیلات وجود ندارد. در دهه گذشته، بسیاری از مطالعات در مورد توسعه بسته بندی فعال همراه با افزودن مواد افزودنی غذایی طبیعی برای بهبود ماندگاری محصولات ماهی نشان داده اند. لیزوزیم به عنوان یک نوع گلیکان هیدرولاز در سال های اخیر به دلیل فعالیت ضد باکتریایی به ویژه در برابر باکتری های گرم مثبت توجه قابل توجهی را در زمینه بسته بندی مواد غذایی به خود جلب کرده است [۱۴]. پوشش خوراکی پروتئینی یا پوشش کیتوزان ترکیب شده با لیزوزیم توسط Wang و همکاران [۱۵] و Wu و همکاران [۱۶] توسعه داده شد. ترکیب یک پلیمر زیستی مانند ژلاتین و پلی‌کاپرولاکتون با لیزوزیم، که در آن ژلاتین و ایزوزیم به ترتیب دارای عامل آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی در تماس با غذا هستند، می تواند راه جالبی برای افزایش خواص فعال و افزایش ماندگاری و ایمنی محصولات غذایی مانند غذاهای دریایی باشد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثربخشی لایه‌های کامپوزیت ژلاتین-پلی‌کاپرولاکتون همراه با لیزوزیم بر کیفیت فیله ماهی شیر در شرایط یخچال (۱±۴ درجه سانتی‌گراد) است.

روش پژوهش

تهیه نمونه های پوشش و فیله های تیمار شده

ژلاتین پوست ماهیان سردابی (شرکت سیگما) به میزان ۳٪ وزنی/ حجمی در آب مقطر حل شد. به منظور تورم[1] و انحلال بهتر ابتدا در دمای ۷ درجه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۵ درجه حرارت داده و با همزن مغناطیسی هم زده شد [۱۷]. برای تهیه فیلم مخلوط ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ژلاتین و پلی‌کاپرولاکتون (۵ درصد در کلروفورم) در قالب‌های طلقی نچسب (۱۶×۲۷ سانتی‌متر) ریخته و در دمای ۲۰ درجه محیط خشک گردید. به منظور نرم شدن و انعطاف پذیرتر شدن فیلم‌ها ۰/۷۵٪ (حجمی/ حجمی) گلیسرول نیز به محلول اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. برای تهیه فیلم ژلاتین/پلی کاپرولاکتون- لیزوزیم، لیزوزیم (۰/۱ گرم وزنی/حجمی) به محلول ژلاتین/پلی کاپرولاکتون اضافه شد. فیلم‌ها پس از خشک شدن از قالب جدا شده و به دور فیله‌ها پیچانده شدند. فیلم‌های دولایه همگی از سمت ژلاتین به دور فیله‌ها قرار گرفتند.

نمونه‌های فیله به‌طور تصادفی در پنج گروه شامل: ۱- نمونه شاهد (بدون پوشش)، ۲- فیلم مخلوط ژلاتین/پلی کاپرولاکتون، ۳- فیلم مخلوط ژلاتین/پلی کاپرولاکتون+ لیزوزیم. تمامی نمونه ها در کیسه های پلی اتیلن قرار گرفتند و در دمای ۱±۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ روز نگهداری شدند. تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی، میکروبیولوژیکی و حسی در فواصل ۳ روزه برای تعیین کیفیت کلی ماهی انجام شد.

آنالیز باکتریایی

آزمون میکروبی نمونه‌ها

بار باکتریایی نمونه‌ها با هموژن کردن ۱۰ گرم نمونه در ۹۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۹٪ کلرید سدیم در شرایط استریل آغاز شد. از این محلول جهت تهیه رقت‌های متوالی استفاده شد. کشت باکتریایی مورد نظر با ریختن میزان مشخصی از نسبت‌های بدست آمده در پلیت‌های یکبار مصرف استریل

[1]- Swelling

و ریختن محیط کشت آگار بر آن صورت گرفت. برای شمارش کلنی‌های باکتریایی کل پلیت‌های تهیه شده به مدت ۲ روز در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و برای باکتری‌های سرمادوست به مدت ۷ روز در ۱۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. شمارش کلنی‌ها بر مبنای $\log_{10}$ cfu/g بیان گردید [۱۸].

اندازه‌گیری شاخص pH

بدین منظور ۵ گرم از نمونه به مدت ۱ دقیقه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر همگن شده و میزان pH آن با دستگاه pH سنج اندازه‌گیری شد [۱۹].

اندازه‌گیری بازهای ازته فرار

اندازه‌گیری بازهای ازته فرار به روش کلدال و با تیتراسیون عصاره بدست آمده از آن انجام گرفت. بدین منظور ۱۰ گرم نمونه به همراه ۲ گرم اکسید منیزیم با افزودن ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن کلدال متصل شد و عصاره مورد نظر به محلول متشکل از اسید بوریک ۲٪ و ۲-۱ قطره متیل رد به عنوان شاخص وارد شد. محلول زرد رنگ حاصله با اسید سولفوریک تا حاصل شدن رنگ ارغوانی تیتر شد و به صورت میلیگرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی بیان شد [۲۰]. میزان بازهای ازته فرار از فرمول ۱ محاسبه گردید.

فرمول ۱ **بازهای ازته فرار= حجم اسید سولفوریک مصرفی × ۱۴**

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید

این شاخص طبق روشSiripatrawan and Noipha در سال ۲۰۱۲ [۲۱] با افزودن ۹۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۴ نرمال به ۱۰ گرم نمونه هموژن شده اندازه‌گیری شد. ۵ میلی‌لیتر از مایع حاصل از تقطیر این مخلوط به ۵ میلی‌لیتر معرف تیوباربیتوریک اسید افزوده و به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شد. پس از سرد شدن میزان جذب مایع صورتی حاصل در طول موج ۵۳۸ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. عدد جذب خوانده شده در ثابت ۷/۸ ضرب شد تا میزان تیوباربیتوریک اسید نمونه بدست آید (فرمول ۲). میزان تیوباربیتوریک اسید بصورت میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه بیان شد.

فرمول ۲ $TBA_{value} = ۷/۸\ Abs_{538}$

Abs_{538} = میزان جذب در طول موج ۵۳۸ نانومتر

اندازه‌گیری میزان اسیدهای چرب آزاد

میزان شاخص اسیدهای چرب آزاد با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه گوشت با کمک کلروفرم/ متانول به روش Woyewoda و همکاران (۱۹۸۶) [۲۲] و تیتراسیون گروه‌های کربوکسیلیک آزاد موجود در آن با هیدروکسید سدیم صورت پذیرفت. کلروفرم، متانول و ۲-پروپانول به نسبت ۲:۱:۲ به همراه معرف متاکروزول ارغوانی به عصاره استخراج شده اضافه شد و تیتراسیون تا تغییر رنگ از زرد به آبی ادامه یافت. نتایج بصورت درصد اولئیک اسید[1] بیان شد.

فرمول ۳

N= NaOH نرمالیته

V_2= میلی لیتر NaOHمصرفی برای هر نمونه

V_1= میلی لیتر NaOHمصرفی برای نمونه شاهد (بلانک[2])

W= وزن چربی (گرم)

ارزیابی حسی نمونه‌ها

ارزیابی نمونه‌ها توسط ۵ نفر دانشجویان رشته شیلات آشنا با ماهی قزل‌آلا و تغییرات فسادی آن انجام پذیرفت. نمونه‌های ماهی شاهد، دارای پوشش و دارای فیلم (بدون حذف فیلم) به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه بخارپز شدند. بافت، طعم، بو رنگ پذیرش کلی نمونه ها با مقیاس هدونیک[3] (با اندکی تغییر) با اصطلاحات توصیفی زیر رتبه بندی شد: بافت بافت (۵، دارای انسجام ماهی تازه، ۱، خمیری)، رنگ (۵، بدون تغییر رنگ، ۱، کاملا رنگ پریده)، طعم (۵، مطلوب، ۱، کاملا نامطلوب)، بو (۵، مطبوع، ۱، کاملا نامطبوع)، پذیرش کلی (۵، خیلی خوب، ۱، خیلی بد) [۲۳].

محاسبات آماری

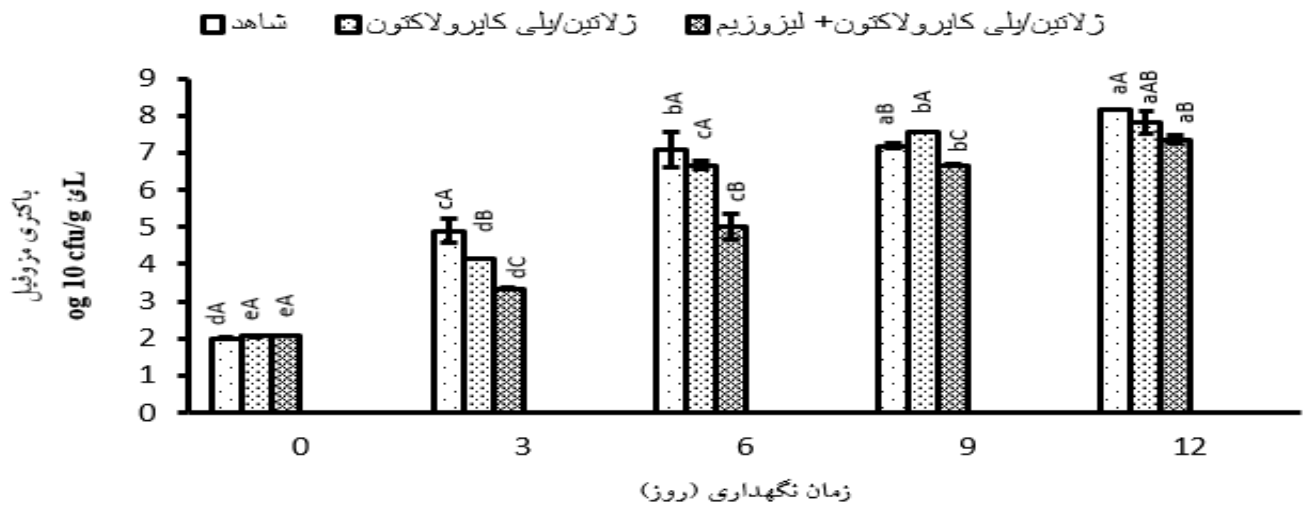
تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه بررسی شده و نتایج بصورت میانگین ±خطای معیار بیان شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار آنالیز آماری SPSS 16 استفاده گردید.

[1]- Oleic acid
[2]- Blank
[3]- Hedonic

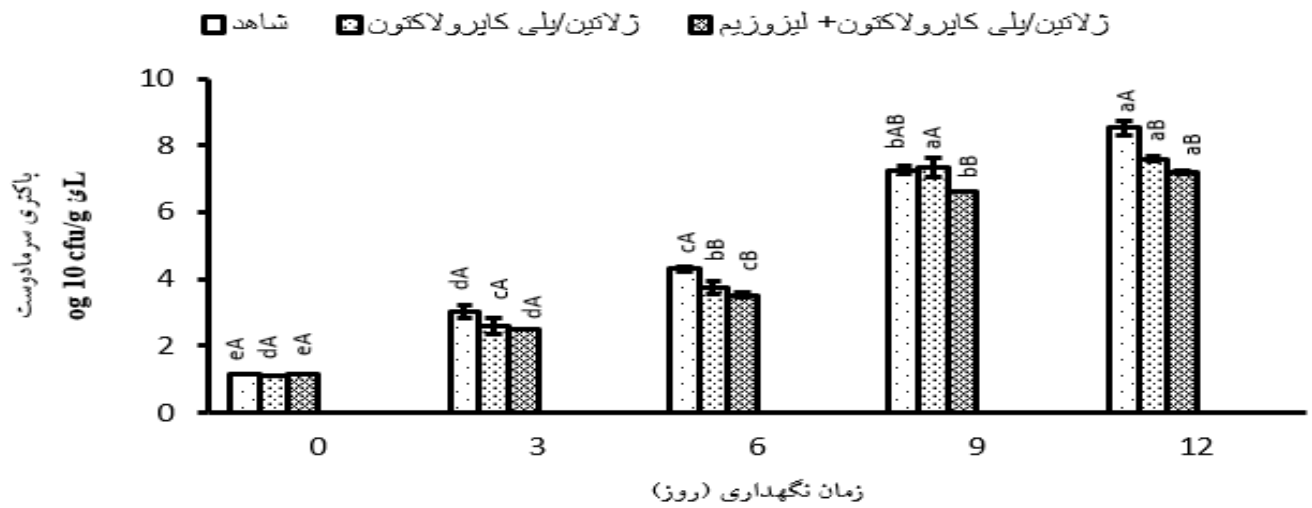
نتایج و بحث

تعداد باکتری های مزوفیل و سرمادوست

در شکل ۱ تغییرات بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست نمونه های کنترل و تیمار شده ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال (به مدت ۱۲ روز) مشاهده می‌شود. میزان اولیه بار باکتریایی مزوفیل از $\log_{10}$ cfu/g ۲/۰۶ تا $\log_{10}$ cfu/g ۲/۱۰ تغییر داشت. باکتری‌های گرم منفی سایکروتروف مثل سودوموناس‌ها[1]، آلتروموناس‌ها[2]، شوانلاها[3] و فلاووباکترها[4] گروه اصلی میکروارگانیسم‌های مسئول فساد مواد غذایی در شرایط نگهداری هوازی و سرد می‌باشند [۱۸]. میزان اولیه بار باکتریایی سرمادوست از $\log_{10}$ cfu/g ۱/۱۲ تا $\log_{10}$ cfu/g ۱/۱۶ تغییر داشت. طبق Sikorski و همکاران ۱۹۹۰، بار باکتریایی فیله تازه با کیفیت بالا بین $\log_{10}$ cfu/g ۳ تا $\log_{10}$ cfu/g ۴ متغییر است [۲۴]. بار باکتری‌های کل و سرمادوست نمونه شاهد و تیمار شده طی دوره نگهداری به طور معنی دار افزایش یافتند ($p<۰/۰۵$). در این مطالعه، تعداد باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی شیر تیمارها در مقایسه با نمونه کنترل کاهش معنی داری نشان دادند. در نمونه تیمار شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون حاوی عصاره لیزوزیم دارای کمترین میزان بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست در مقایسه با دیگر تیمارها داشت ($p<۰/۰۵$)، که ممکن است به فعالیت آنتی میکروبی لیزوزیم نسبت داد. ماهی تیمار شده با ژلاتین- پلی کاپرولاکتون می تواند رشد باکتری های مزوفیل را در مقایسه با نمونه کنترل، به دلیل تاثیر آنتی میکروبی ژلاتین، به طور موثری به تاخیر بیاندازد. Pereda و همکاران (۲۰۱۱) هاله بازدارندگی لیستریا مونوسیتوژنز را در محلول فیلم ژلاتینی مشاهده کردند [۶]. فعالیت ضدمیکروبی محلول ژلاتینی بیشتر به علت وجود زنجیره الیگوپپتیدی[5] حاصل از آبکافت ژلاتین می‌باشد [۶]. علاوه بر این، لیزوزیم فساد مواد غذایی را به واسطه فعالیت مورامیداز (Muramidase activity) به تاخیر میاندازد و منجر به تخریب لایه حاوی مورئین (murein-containing layer) دیواره سلول باکتریایی و در نهایت منجر به لیز شدن باکتری می شود [۱۶، ۲۵]. لیزوزیم منجر به هیدرولیز لایه پپتیدوگلیکان احاطه شده اطراف غشای سیتوپلاسمی باکتری می شود. Wu و همکاران در سال ۲۰۱۸ بیان کردند که رشد باکتری (مانند *S. aureus*، *E.coli*, *Salmonella*, *P. aeruginosa*) در ماهی شوریده پوشیده شده با کیتوزان و لیزوزیم کمتر از ماهی پوشیده شده با کیتوزان یا لیزوزیم می شود [۱۶]. لیزوزیم منجر به ممانعت رشد باکتری های گرم مثبت مانند *Listeria monocytogenes* می شود [۲۶]. Wang و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که پوشش کلاژن محتوی لیزوزیم می تواند ماندگاری فیله سالمون طی دوره نگهداری در یخچال بهبود بخشید [۱۵]. بنابراین فعالیت آنتی میکروبی ژلاتین محتوی لیزوزیم در برابر باکتری ها در شرایط آزمایشگاهی توسط Rawdkuen و همکاران در سال ۲۰۱۲ گزارش شد [۲۷]. پوشش محتوی ژلاتین حل شده در اسید استیک و لیزوزیم، دارای خاصیت ممانعت کنندگی در برابر فلورباکتری های گرم منفی محصولات غذایی می باشد [۱۴]. Boyac و همکاران در سال ۲۰۱۶ یافتند که فیله ماهی سالمون دودی بسته بندی شده با پروتئین آب پنیر / اسید اولئیک- لیزوزیم می تواند از رشد باکتری *Listeria innocua* جلوگیری کند [۲۸]. Roa و همکاران در سال ۲۰۰۸ تاثیر هم افزایی کیتوالیگوساکارید و لیزوزیم در حفاظت از گوشت را بیان کردند [۲۹].



[1]- Pseudomonas spp.
[2]- Alteromonas spp.
[3]- Shewanella spp.
[4]- Flavobacterium spp.
[5]- Oligopeptide



شکل ۱- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر باکتری‌های مزوفیل و باکتری‌های سرمادوست ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

تغییرات میزان pH

در شکل ۲ تغییرات شاخص pH تیمارهای مختلف در طول نگهداری در یخچال مشاهده می‌شود. میزان pH در روز صفر، ۶/۱۱ بود که مشابه Tzikas و همکاران در سال ۲۰۰۷ بود [۳۰]. pH ماهی پس از مرگ براساس فصل، گونه و مراحل دیگر از ۷-۶ تغییر میکند [۳۱]. میزان pH نمونه کنترل تا روز ۳ کاهش ($p<۰/۰۵$) و سپس افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). میزان pH در تیمارهای مختلف با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. کاهش میزان pH در ارتباط با تولید اسید لاکتیک از طریق متابولیسم فعالیت باکتری های اسید لاکتیک (LAB) و همچنین آزاد سازی فسفات غیر آلی از تجزیه آدنوزین تری فسفات (ATP) طی نگهداری است. تجمع ترکیبات اساسی در نتیجه فرآیند هیدولیز از طریق فعالیت آنزیم های درونی و آنزیم های میکروبی تولید شدند که منتهی به افزایش میزان pH می شود [۳۲]. در روز ۱۲ نگهداری، میزان pH نمونه های تیمار شده به دلیل مهار رشد باکتری ها/ مخمرها و قارچ ها، کمتر از نمونه شاهد بود [۳۳]. Wang و همکاران در سال ۲۰۱۷ و Wu و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان دادند که افزودن لیزوزیم در بسته بندی می تواند از کاهش میزان pH جلوگیری کند [۱۵،۱۶]. طبق نتایج به دست آمده از میزان pH، می توان نتیجه گیری کرد که فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم خاصیت آنتی باکتریایی بیشتری در مقایسه با فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون نشان نداد. میزان pH همبستگی مثبت با میزان بازهای ازته فرار به دلیل افزایش آمین های فرار که منتهی به افطایش pH می شود، دارد.

شکل ۲- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر میزان pH ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

تغییران میزان بازهای بازهای فرار کل

شکل ۳ تغییرات میزان بازهای ازته فرار (میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم) نمونه‌های شاهد و تیمارشده را در طول ۱۲ روز نگهداری در یخچال (۱±۴ درجه سانتی‌گراد) نشان می‌دهد. میزان اولیه بازهای ازته فرار ماهی شیر ۶/۸۶ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم ماهی بود. میزان بازهای ازته فرار در طی نگهداری در نمونه کنترل و همه تیمارها روند افزایشی نشان دادند ($P < 0.05$). از آنجا که حضور باکتری‌ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین‌ها و تجزیه آنها ، شکستن ترکیباتی از جمله تری متیل آمین اکسیدها، پپتیدها، آمینواسیدها و غیره می‌شود [۳]. مقادیر بیشتر بار باکتریایی مشاهده شده در نمونه‌های شاهد می‌تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در آنها باشد [۱۶]. میزان بازهای ازته فرار در روز ۱۲ تفاوت معنی داری بین تیمارها و نمونه کنترل وجود دارد ($P < 0.05$). افزایش اندک بازهای ازته فرار در فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم را می توان به فعالیت آنتی باکتری لیزوزیم نسبت داد که می توان ظرفیت باکتری ها جهت آمین زدایی اکسیداتیو ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی را در مقایسه با نمونه کنترل و نمونه های تیمار شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون به طور قابل توجهی جلوگیری می کند. فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم می تواند بیشتر از دیگر تیمارها در کنترل بازهای ازته فرار فیله ها تاثیر داشته باشد که پیشنهاد می شود که فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون دارای قابلیت هم افزایی است در صورتیکه با لیزوزیم ترکیب شود. Wu و همکاران در سال ۲۰۱۸، کمترین و بالاترین میزان بازهای ازته فرار در کیتوزان ترکیب شده با لیزوزیم و ماهی غیر پوشش شده طی ۱۵ روز نگهداری در یخچال مشاهده شد [۱۶]. Wang و همکاران در سال ۲۰۱۷ گزارش کردند که کلاژن ۴ درصد ترکیب شده با لیزوزیم می تواند افزایش بازهای ازته فرار فیله ماهی سالمون طی نگهداری در یخچال در مقایسه با نمونه کنترل به تاخیر بیاندازد [۱۵]. هیچ مطالعه ای در مورد تاثیر فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر تولید بازهای ازته فرار در محصولات دریایی مشاهده نشد. میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در بعضی منابع حداکثر ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن و در بعضی منابع دیگر حداکثر ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در هر ۱۰۰ گرم نمونه گوشت عنوان شده است. در نموهای کنترل و تیمار شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون، فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بیشترین میزان مجاز بازهای ازته فرار به ترتیب در روزهای ۶، ۹ و ۹ به دست آمد. میزان بازهای ازته فرار در ماهی شیر لفاف پیچ شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم پس از ۹ روز نگهداری کمتر از ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در هر ۱۰۰ گرم نمونه گوشت بود.

شکل ۳- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر میزان بازهای ازته فرار ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

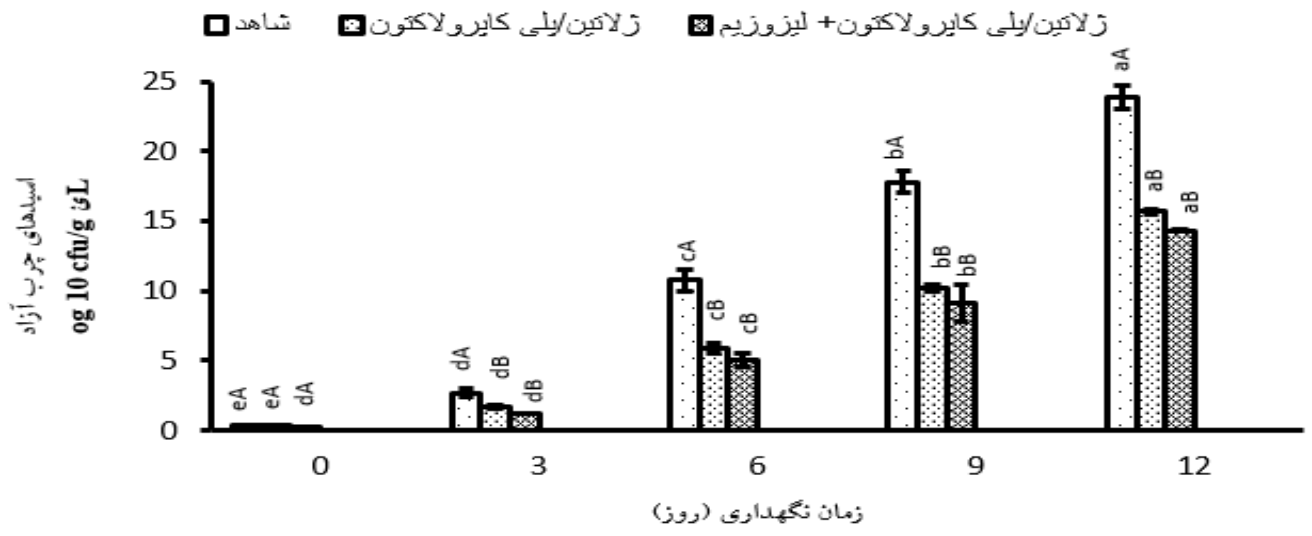
تغییران میزان تیوباربیتوریک اسید

در شکل ۴ تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم) نمونه‌های کنترل و تیمار شده در طول نگهداری ۱۲ روز در یخچال (۱±۴ درجه سانتی گراد) مشاهده می‌شود. میزان تیوباربیتوریک اسید در ابتدای نگهداری از ۰/۱۶ میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه تا ۰/۱۸ میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه متغییر بود. میزان تیوباربیتوریک اسید در همه نمونه ها طی دوره نگهداری افزایش یافت ($P < 0.05$). میزان تیوباربیتوریک اسید در فیله های بدون پوشش، به دلیل آب زدایی جزئی ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع، افزایش بیشتری داشت ($P < 0.05$) [۳۴]. فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون با و بدون نگهدارنده های طبیعی، میزان تیوباربیتوریک اسید را کاهش داد ($P < 0.05$). میزان تیوباربیتوریک اسید در نمونه کنترل و نمونه های تیمار شده در روز ۱۲ نگهداری تفاوت معنی داری نشان داد ($P < 0.05$). همچنین ژلاتین- پلی کاپرولاکتون در ترکیب با لیزوزیم فعالیت آنتی اکسیدانی ژلاتین را افزایش داد. لیزوزیم، یک آنزیم آنتی میکروبی است که دارای فعالیت آنتی میکروبی در برابر رشد باکتری ها به خصوص باکتری های سرمادوست مانند گونه های سودوموناس است که با تولید لیپاز و فسفولیپاز منجر به افزایش اسید چرب آزاد می شود. اسیدهای چرب آزاد بسیار حساس نسبت به اکسیداسیون می باشد و هیدورپراکسید غیرپایدار تشکیل می شود. هیدروکربن ها با زنجیره ای کوتاه تر مانند آلدئیدها، در نتیجه تجزیه هیدورپراکسید تولید می شوند. این تولیدات به عنوان تیوباربیتوریک اسید شناسایی شده است. علاوه بر این ، پلیمرهایی مانند ژلاتین و کیتوزان، تأثیر مهمی در به تأخیر انداختن اکسیداسیون لیپید از طریق تشکیل یک فیلم قابل تجزیه (خواص سد اکسیژن) در نمونه های تیمار شده در طول ذخیره سازی دارند [۱۰]. طبق گفته Antoniewski و همکاران در سال ۲۰۰۷، پوشش ژلاتین روی محصولات شیلاتی ممکن است اکسیداسیون لیپید را به دلیل پیوندهای هیدروژن در ژلاتین به عنوان سدی در برابر اکسیژن کاهش دهد [۳۵]. Wu و همکاران در سال ۲۰۱۸ یافتند که پوشش کیتوزان همراه با لیزوزیم روی سطح فیله ماهی به عنوان یک مانع بین فیله ها و هوای اطراف عمل می کند که سرعت انتشار اکسیژن از محیط اطراف را از طریق سطح به داخل فیله کاهش می دهد [۱۶]. پیشنهاد شده که حداکثر میزان قابل قبول تیوباربیتوریک اسید برای کیفیت مطلوب ماهی (منجمد، یخچال‌گذاری شده و یا نگهداری شده در یخ) ۱ تا ۲ میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه باشد [۳۶]. در بررسی حاضر میزان تیوباربیتوریک اسید برای همه نمونه ها کمتر از ۲ میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه در انتهای دوره نگهداری بود. نتایج مطالعه نشان داد که فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون با و لیزوزیم قادر به کاهش اکسیداسیون چربی است که اکسیداسیون چربی این تیمارها در مقایسه با نمونه کنترل کمتر است.

شکل ۴- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد

در شکل ۵ تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد (درصد اولئیک اسید) نمونه شاهد و تیمارهای مختلف در طول نگهداری در یخچال (۱±۴ درجه سانتی گراد) در مدت ۱۲ روز را نشان می‌دهد. میزان اولیه اسیدهای چرب آزاد از ۰/۲۹ درصد اولئیک اسید تا ۰/۳۴ درصد اولئیک اسید متغییر است. میزان اسیدهای چرب آزاد در انتهای دوره نگهداری برای فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون، فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم و نمونه شاهد به ترتیب ۱۵/۶۷، ۱۴/۳۴، و ۲۳/۸۹ درصد اولئیک اسید بودند. میزان اسیدهای چرب آزاد در تیمارهای مختلف با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت، اما فیله های فیلم پیچی شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم، تشکیل اسید چرب آزاد را طی نگهداری در یخچال کاهش داد ($P < 0.05$). تولید لیپاز و فسفولیپاز توسط باکتری ها می تواند از طریق فعالیت آنتی باکتریایی لیزوزیم در نمونه های پوشیده شده با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم کاهش دهد. نتایج ما نشان داد که لیزوزیم تاثیر قابل ملاحظه ای در کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد در مقایسه با فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون دارد.



شکل ۵- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر میزان اسیدهای چرب آزاد ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

ارزیابی حسی

هنگامی که یک ماده غذایی مصرف میشود کیفیت آن از طریق ایجاد ارتباط بین مجموعه ای از اختصاصات حسی یا ارگانولپتیک (اختصاصاتی مانند ظاهر،طعم،بو و بافت) سنجش میشود .به همین ترتیب وقتی تغییراتی نامطلوب در ماهی رخ میدهد بسیاری از این تغییرات نیز به وسیله ی بکارگیری حواس انسان یعنی با دیدن، بوئیدن، لمس کردن و چشیدن قابل جستجو بوده و به خصوص افراد آزموده و با تجربه قادر خواهند بود با استفاده از معیارهای خاص، حدوداین تغییرات را تشخیص داده و درجه تازگی ماده غذایی را تعیین نمایند.

تاثیر فیلم ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر ارزیابی حسی فیله ماهی شیر در جدول ۱ نشان داده شده است. ارزیابی حسی ماهی به سه عنصر از جمله رنگ ، بو و پذیرش کلی تقسیم شدند ، که سطح اولویت آنها از ۱ به ۵ بودند و هر چه ترجیح بالاتر ، امتیاز بالاتر گرفتند. تمام نمونه ها در ابتدای ذخیره سازی در یخچال نمره ۵ را داشتند. با افزایش زمان، نمرات به طور قابل توجهی کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$). ماهی هایی با نمره زیر ۳ غیر قابل قبول با عطر و بوی بد ، بدون رنگ براق و غیر قابل قبول کلی بودند. برای نمونه های شاهد ، کاهش ارزیابی حسی پس از ۶ روز ذخیره سازی رخ داده است که توسط بوی قوی ماهی و پوسیدگی مشهود است. امتیاز بو از نمونه های کنترل به سرعت کاهش یافته و امتیاز متفاوت قابل توجهی در مقایسه با نمونه های تیمار شده نشان می دهند. نمره غیرقابل قبول بودن (۳) به ترتیب پس از ۶ روز و ۱۲ روز برای نمونه های تیمار نشده و نمونه های بسته بندی شده به دست آمد ، که نشان می دهد فیلم ژلاتین همراه با لیزوزیم می تواند از رشد میکروارگانیسم های تولید کننده بو استفاده کند. نمونه های تیمار نشده در پایان ذخیره سازی بوی نامطبوع و مرتبط با محصولات شیلاتی خراب را به نمایش می گذارند ، که ممکن است به دلیل آزاد شدن متابولیت ها با عملکرد باکتری باشد [۳۷].

افت ارزیابی حسی با فساد میکروبی و تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی از جمله تیوباربیتوریک اسید و بازهای ازته فرار در ارتباط بود که باعث تغییر سطح رنگ نمونه ها شد [۳۸]. Wang و همکاران در سال ۲۰۱۷ نشان داد که پوشش کلاژن-لیزوزیم یک تیمار مناسب برای ذخیره سازی طولانی مدت در مقایسه با نمونه های شاهد بود ، که به عنوان یک ضد باکتری طبیعی بالقوه برای کاهش تعداد باکتری ها و تثبیت فیله های سالمون حاوی لیپید در نظر گرفته می شود [۱۵]. ویژگی های عملکردی ، به عنوان مثال اثرات ضد میکروبی و همچنین ممانعت اکسیژن لیزوزیم نشان داده شده است که ماندگاری ماهی را ۹ روز در مقایسه با نمونه شاهد افزایش می دهد

.

جدول ۱- تاثیر فیلم مخلوط ژلاتین- پلی کاپرولاکتون ترکیب شده با لیزوزیم بر ارزیابی حسی ماهی شیر در طول نگهداری در یخچال.

	۰	۳	۶	۹	۱۲
رنگ					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۰۰±۰/۱۱^{aA}	۳/۳۶±۰/۲۱^{aA}	۲/۳۴±۰/۰۶^{aB}	۱/۴۳±۰/۱۰^{aB}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۷۵±۰/۲۵^{bA}	۳/۵۲±۰/۰۹^{bA}	۳/۱۳±۰/۰۶^{bA}	۲/۱۸±۰/۰۲^{bA}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون+ لیزوزیم	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۱۸±۰/۰۴^{bA}	۳/۶۹±۰/۱۳^{cA}	۳/۱۰±۰/۰۴^{cA}	۲/۲۴±۰/۰۴^{cA}
بو					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۹۰ ±۰/۲۰^{aA}	۳/۲۷ ±۰/۱۲^{aA}	۱/۶۷ ±۰/۳۲^{dB}	۱/۲۲ ±۰/۱۲^{dB}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۷۹±۰/۲۷^{bA}	۳/۳۶ ±۰/۰۶^{cA}	۳/۰۸ ±۰/۰۳^{cA}	۲/۱۹ ±۰/۰۲^{dA}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون+ لیزوزیم	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۱۳±۰/۰۱^{bA}	۳/۵۸ ±۰/۱۱^{cA}	۳/۱۱ ±۰/۰۳^{cA}	۱/۹۱ ±۰/۳۳^{dAB}
پذیرش کلی					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۶۷±۰/۲۷^{bA}	۳/۲۷ ±۰/۱۲^{bA}	۱/۵۶ ±۰/۲۱^{cB}	۱/۲۶ ±۰/۰۸^{cB}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۳/۷۵±۰/۲۵^{bA}	۳/۴۲ ±۰/۰۱^{bcA}	۳/۰۹ ±۰/۰۳^{cA}	۲/۲۱ ±۰/۰۱^{dA}
ژلاتین- پلی کاپرولاکتون+ لیزوزیم	۵/۰۰±۰/۰۰^{aA}	۴/۱۴±۰/۰۲^{bA}	۳/۴۸ ±۰/۰۳^{cA}	۳/۱۲ ±۰/۰۲^{cA}	۱/۷۹ ±۰/۲۷^{dAB}

داده ها بر اساس میانگین± خطای استاندارد است. حروف کوچک مختلف در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار در زمانهای مختلف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها است.

نتیجه‌گیری

نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که لیزوزیم در فیله تازه بسته بندی شده با ژلاتین- پلی کاپرولاکتون منجر به کاهش بار میکروبی در مدت زمان ذخیره سازی طولانی می شود. نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب ژلاتین- پلی کاپرولاکتون با لیزوزیم می تواند کیفیت فیله ماهی شیر را حفظ کند و در نهایت ماندگاری محصول را تا ۹ روز در مقایسه با شاهد افزایش می دهد. ارزیابی حسی از جمله رنگ، بو و پذیرش کلی نمونه های بسته بندی شده با لیزوزیم بهتر از نمونه های تیمار نشده بود. نتایج ارزیابی حسی ، آزمایشات باکتریایی و بازهای ازته فرار دارای همبستگی خوب بود. به طور کلی، استفاده لیزوزیم می تواند انتخاب مناسبی برای نگهداری محصولات دریایی به عنوان ترکیبات نگهدارنده در بسته بندی مورد استفاده قرار گیرد.

مشارکت نویسندگان

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

[1] Eighani, M.; Paighambari, S. Y.; Herrmann, B.; Feekings, J. Effect of Bait Type and Size on Catch Efficiency of Narrow-barred Spanish Mackerel (*Scomberomorus Commerson*) in the Persian Gulf Handline Fisheries. Fish. Res. 2018, 199, 32–35.

[2] Cai, L.; Cao, A.; Li, Y.; Song, Z.; Leng, L.; Li, J. The Effects of Essential Oil Treatment on the Biogenic Amines Inhibition and Quality Preservation of Red Drum (*Sciaenops Ocellatus*) Fillets. Food Control. 2015, 56, 1–8.

[3] Kakaei, S.; Shahbazi, Y. Effect of Chitosan-gelatin Film Incorporated with Ethanolic Red Grape Seed Extract and *Ziziphora Clinopodioides* Essential Oil on Survival of Listeria Monocytogenes and Chemical, Microbial and Sensory Properties of Minced Trout Fillet. LWT – Food Sci. Technol. 2016, 72, 432–438.

[4] Choulitoudi, E.; Ganiari, S.; Tsironi, T.; Ntzimani, A.; Tsimogiannis, D.; Taoukis, P.; Oreopoulou, V. Edible Coating Enriched with Rosemary Extracts to Enhance Oxidative and Microbial Stability of Smoked Eel Fillets. Food Packag. Shelf Life. 2017, 12, 107–113.

[5] Rivero, S.; García, M. A.; Pinotti, A. Composite and Bi-layer Films Based on Gelatin and Chitosan. Food. Eng. 2009, 90, 531–539.

[6] Pereda, M.; Ponce, A. G.; Marcovich, N. E.; Ruseckaite, R. A.; Martucci, J. F. Chitosan-gelatin Composites and Bi-layer Films with Potential Antimicrobial Activity. Food Hydrocoll. 2011, 25, 1372–1381.

[7] Amjadi, S.; Emaminia, S.; Davudian, S. H.; Pourmohammad, S.,; Hamishehkar, H.; Roufegarinejad, L. Preparation and Characterization of Gelatin-based Nanocomposite Containing Chitosan Nanofiber and ZnO Nanoparticles. Carbohyd. Polym. 2019, 216, 376–384.

[8] Sharmin, N.; Khan, R. A.; Salmieri, S.; Dussault, D.; Fabrication, L. M. Characterization of Biodegradable Composite Films Made of Using Poly (Caprolactone) Reinforced with Chitosan. J. Polym. Environ. 2012, 20(3), 698–705.

[9] Saki, J.; Khodanazary, A.; Hosseini, S. M. Effect of Chitosan-Gelatin Composite and Bi-Layer Coating Combined with Pomegranate Peel Extract on Quality Properties of Belanger's Croaker (Johnius Belangerii) Stored in Refrigerator. J. Aquat. Food Prod.Technol. 2018, 27, 557–567.

[10] Nowzari, F.; Shabanpour, B.; Ojagh, S. M. Comparison of Chitosan- Gelatin Composite and Bilayer Coating and Film Effect on the Quality of Refrigerated Rainbow Trout. Food Chem. 2013, 141, 1667–1672.

[11] Rescek, A.; Scetar, M.; Hrnjak-Murgic, Z.; Dimitrov, N.; Galic, K. Polyethylene/Polycaprolactone Nanocomposite Films for Food Packaging Modified with Magnetite and Casein: Oxygen Barrier, Mechanical, and Thermal Properties. Polym. Plast. Technol. Eng. 2016, 55(14), 1450–1459.

[12] Sogut, E.; Seydim, A. C. Development of Chitosan and Polycaprolactone Based Active Bilayer Films Enhanced with Nanocellulose and Grape Seed Extract. Carbohyd. Polym. 2018, 195, 180–188.

[13] Sogut, E.; Seydim, A. C. The Effects of Chitosan- and Polycaprolactone-based Bilayer Films Incorporated with

Japonicus Fillets by Chitosan Coating Incorporated with Propolis Extract. Int. J. Biol. Macromol. 2019, 139, 94–102.

[24] Sikorski, Z. E.; Kolakowska, A.; Burt, J. R. Postharvest Biochemical and Microbial Changes Seafood. In Seafood: Resources Nutritional Composition and Preservation; Sikorski, A. E., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, 1990; pp55–75.

[25] Derde, M.; Nau, F.; Guérin-Dubiard, C.; Lechevalier, V.; Paboeuf, G.; Jan, S.; Baron, F.; Gautier, M.; Vié, V. Native and Dry-heated Lysozyme Interactions with Membrane Lipid Monolayers: Lipid Packing Modifications of a Phospholipid Mixture, Model of the Escherichia Coli Cytoplasmic Membrane. Biochim. Biophys. Acta. 2015, 1848, 1065–1073.

[26] Lopes, N. A.; Pinilla, C. M. B.; Brandelli, A. Antimicrobial Activity of Lysozyme-nisin Co-encapsulated in Liposomes Coated with Polysaccharides. Food Hydrocoll. 2019, 93, 1–9.

[27] Rawdkuen, S.; Suthiluk, P.; Kamhangwong, D.; Benjakul, S. Mechanical, Physic-chemical, and Antimicrobial Properties of Gelatin-based Film Incorporated with Catechin-lysozyme. Chem. Cent. J. 2012, 6, 131.

[28] Boyac, D.; Korel, F.; Yemenicioğlu, A. Development of Activate-at-home-type Edible Antimicrobial Films: An Example pH-triggering Mechanism Formed for Smoked Salmon Slices Using Lysozyme in Whey Protein Films. Food Hydrocoll. 2016, 60, 170–178.

[29] Rao, M. S.; Chander, R.; Sharma, A. Synergistic Effect of Chitooligosaccharides and Lysozyme for Meat Preservation. LWT- Food Sci. Technol. 2008, 41, 1995–2001.

[30] Tzikas, Z.; Ambrosiadis, I.; Soultos, N.; Georgakis, S. Quality Assessment of Mediterranean Horse Mackerel (Trachurus Mediterraneus) and Blue Jack Mackerel (*Trachurus Picturatus*) during Storage in Ice. Food Control. 2007, 18, 1172–1179. [31] He, Q.; Xiao, K. The Effects of Tangerine Peel (Citri Reticulatae Pericarpium) Essential Oils as Glazing Layer on Freshness Preservation of Bream (*Megalobrama Amblycephala*) Duringsuperchilling Storage. Food Control. 2016, 69, 339–345.

Grape Seed Extract and Nanocellulose on the Quality of Chicken Breast Fillets, LWT - Food Sci. Technol. 2019, 101, 799–805.

[14] Corradini, C.; Alfieri, I.; Cavazza, A.; Lantano, C.; Lorenzi, A.; Zucchetto, N.; Montenero, A. Antimicrobial Films Containing Lysozyme for Active Packaging Obtained by Sol-gel Technique. J. Food Eng. 2013, 119, 580–587.

[15] Wang, Z.; Hu, S.; Gao, Y.; Ye, C.; Wang, H. Effect of Collagen-lysozyme Coating on Fresh-salmon Fillets Preservation. LWT- Food Sci. Technol. 2017, 75, 59–64.

[16] Wu, T.; Ge, Y.; Li, Y.; Xiang, Y.; Jiang, Y.; Hu, Y. Quality Enhancement of Large Yellow Croaker Treated with Edible Coatings Based on Chitosan and Lysozyme. Int. J. Biol. Macromol. 2018, 120, 1072–1079.

[17] López-Caballero, M. E.; Gómez-Guillén, M. C.; Pérez-Mateos, M.; Montero, P. A Chitosan–Gelatin Blend as A Coating for Fish Patties. Food Hydrocoll. 2005, 19, 303–311.

[18] Sallam, K. I.;. Antimicrobial and Antioxidant Effects of Sodium Acetate, Sodium Lactate, and Sodium Citrate in Refrigerated Sliced Salmon. Food Control. 2007, 18, 566–575.

[19] Suvanich, V.; Jahncke, M. L.; Marshall, D. L. Changes Selected Chemical Quality Characteristics of Channel Catfish Frame Mince during Chill and Frozen Storage. Food Sci. 2000, 65(1), 24–29.

[20] Goulas, A. E.; Kontominas, M. G. Effect of Salting and Smoking-method on the Keeping Quality of Chub Mackerel (*Scomber Japonicus*): Biochemical and Sensory Attributes. Food Chem. 2005, 93, 511–520.

[21] Siripatrawan, U.; Noipha, S. Active Film from Chitosan Incorporating Green Tea Extract for Shelf Life Extension of Pork Sausages. Food Hydrocoll. 2012, 27, 102–108.

[22] Woyewoda, A. D.; Shaw, S. J.; Ke, P. J.; Burns, B. G. Recommended Laboratory Methods for Assessment of Fish Quality. Canadian Technical Report of Fish and Aquatic Science, 1986. 1448.

[23] Ebadi, Z.; Khodanazary, A.; Hosseini, S. M.; Zanguei, N. The Shelf Life Extension of Refrigerated Nemipterus

[36] Shakila, R.; Jeyasekaran, G.; Vijayalakshmi, S. Effect of Vacuum Packaging on the Quality Characteristics of Seerfish (*Scomberomorus Commerson*) Chunks during Refrigerated Storage. J. Food Sci.Technol. 2005, 42, 438–443.

[37] Mohan, C. O.; Ravishankar, C. N.; Lalitha, K. V.; Srinivasa Gopal, T. K. Effect of Chitosan Edible Coating on the Quality of Double Filleted Indian Oil Sardine (*Sardinella Longiceps*) during Chilled Storage. Food Hydrocoll. 2012, 26(1), 167–174.

[38] Hui, G. H.; Liu, W.; Feng, H. L.; Li, J.; Gao, Y. Y. Effects of Chitosan Combined with Nisin Treatment on Storage Quality of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena crocea*). Food Chem. 2016, 203, 276–282.

[32] Nirmal, N. P.; Benjakul, S. Retardation of Quality Changes of Pacific White Shrimp by Green Tea Extract Treatment and Modified Atmosphere Packaging during Refrigerated Storage. Int. J. Food Microbiol. 2011, 149, 247–253.

[33] Shahidi, F.; Kamil, J.; Arachchi, V.; Jeon, Y. J. Food Applications of Chitin and Chitosans. Trends Food Sci. Tech. 1999, 10, 37–51.

[34] Kilincceker, O.; Dogan, I. S.; Kucukoner, E. Effect of Edible Coatings on the Quality of Frozen Fish Fillets. LWT - Food Sci. Technol. 2009, 42, 868–873.

[35] Antoniewski, M. N.; Barringer, S. A.; Knipe, C. L.; Zerby, H. N. Effect of a Gelatin Coating on the Shelf Life of Fresh Meat. J. Food Sci. 2007, 72, 382–387.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Khodanazary, A., Associate Professor, Fisheries, Marine Natural Resources, Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
✉khodanazary@yahoo.com 0000-0001-8960-7324

HOW TO CITE THIS ARTICLE

HOW TO CITE THIS ARTICLE

http://doi.org/10.52547/joc.15.59.7

http://joc.inio.ac.ir/article-1-1826-fa.html

https://orcid.org/0000-0001-8960-7324

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 andsource are cited. No permission is required from the authors or the publishers.