J. Oceanography (JOC). Volume15 (60): 1-13, Winter 2024

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

ORIGINAL RESEARCH PAPER

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.

Esmaeili, M. [1] ***, 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: .....
Revised: .....
Accepted: .....

Keywords:
Mackerel
Pectin
Chitosan
Tarragon essential oil Coating
Shelflife

*Corresponding author:
✉ khodanazary@yahoo.com

Doi: 10.52547/joc.15.60.1

ORID: 0000-0001-8960-7324

ABSTRACT

Background and Objectives: The purpose of this study was the effects of pectin coating incorporated with chitosan and Tarragon essential oil (*Artemisia dracunculus*) (TEO) on the microbiological, physicochemical, and sensory properties of *Scomberomorus commerson* muscle during refrigerated storage.
Methods: Fish fillets were coated in five groups including: 1) control, 2) pectin/chitosan bilayer coating, 3) pectin/chitosan+ tarragon essential oil bilayer coating.
Findings: The results showed that pectin/ chitosan coating incorporated with Tarragon essential oil could develop active coatings with excellent antibacterial activity to inhibit bacterial growth (mesophilic, psychrotrophic, and lactic acid bacteria). Pectin/chitosan coating on mackerel samples enriched with Tarragon essential oil could retard physicochemical properties and preserve the fish quality during refrigerated storage. There was a statistical difference between bi-layer coatings alone and Pectin/chitosan incorporating Tarragon essential oil ($P<0.05$). The results of sensory analysis indicated that pectin/chitosan bilayer coating enriched with Tarragon essential oil can improve sensory quality of mackerel fish.
Conclusion: According to the quality attributes, the incorporation of essential oils or other biopolymers into edible coatings could decrease the bacterial and physicochemical deterioration of seafood during chilling.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
1	5	55

مقاله پژوهشی

ارزیابی مقایسه ای تاثیر پوشش های دولایه پکتین/ کیتوزان غنی شده با اسانس ترخون بر خواص کیفی ماهی ماکرل Scomberomorus commerson طی نگهداری در یخچال

مهسا اسماعیلی [۱]، آی ناز خدانظری [۱،۲]

[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

[۲] گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: .....
تاریخ بازبینی: .....
تاریخ پذیرش: .....

واژگان کلیدی:
ماکرل
پکتین
اسانس ترخون
پوشش
ماندگاری

*نویسنده مسئول
khodanazary@yahoo.com

Doi: 10.52547/joc.15.60.1

ORID: 0000-0001-8960-7324

چکیده

پیشینه و اهداف: هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر پوشش های دولایه پکتین/کیتوزان غنی شده با اسانس ترخون (*Artemisia dracunculus*) بر خواص میکروبیولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی فیله ماهی ماکرل *Scomberomorus commerson* در طول نگهداری در یخچال بود.

روش‌ها: فیله های ماهی در پنج گروه شامل ۱) تیمار شاهد، ۲) پوشش دولایه پکتین/کیتوزان و ۳) پوشش دولایه پکتین/کیتوزان+ اسانس ترخون غوطه ور شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پوشش های پکتین/ کیتوزان ترکیب شده با اسانس ترخون می تواند منجر به توسعه پوشش های فعال با فعالیت ضد باکتریایی عالی برای مهار رشد باکتری ها (باکتری های مزوفیل، سایکروتروف و اسید لاکتیک) ایجاد کند. پوشش های پکتین/ کیتوزان غنی‌شده با اسانس ترخون در نمونه‌های ماهی ماکرل می‌تواند خواص فیزیکوشیمیایی را به تاخیر بیاندازد و کیفیت ماهی را در طول نگهداری در یخچال حفظ کند. تفاوت معنی داری بین پوشش های مخلوط به تنهایی و پوشش های مخلوط غنی شده با اسانس ترخون وجود داشت ($p<۰/۰۵$). . نتایج ارزیابی حسی نشان داد که پوشش های دولایه پکتین/کیتوزان غنی شده با اسانس ترخون می تواند کیفیت حسی ماهی ماکرل را بهبود دهد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ویژگی‌های کیفی، ترکیب اسانس‌ها یا سایر پلیمرهای زیستی در پوشش‌های خوراکی می‌تواند فساد باکتریایی و فیزیکوشیمیایی غذاهای دریایی را در طول نگهداری در سرما کاهش دهد.

مقدمه

به عنوان یک فناوری جدید، بسته بندی فعال به دلیل تاخیر در واکنش های تخریب اکسیداتیو لیپید و رشد باکتری ها در مقایسه با سایر روش های بسته بندی مواد غذایی، ماندگاری ماهی را طولانی تر می کند [۱]. بسته بندی فعال در صنایع غذایی دو نوع بود: پوشش های خوراکی و فیلم های خوراکی [۲] که با تشکیل یک لایه نازک از مواد خوراکی معرفی شد [۳]. پلیمرهای زیست تخریب پذیر مختلف مانند کربوهیدرات ها، پروتئین ها و لیپیدها به عنوان مواد فعال زیستی برای افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی استفاده شده اند [۱]. در بین بیوپلیمرهای کربوهیدراتی، پلی ساکاریدهایی مانند پکتین و کیتوزان) ترکیبات رایج برای تشکیل پوشش‌های خوراکی/تخریب‌پذیر [۴،۵] هستند که برای بهبود فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی در مقایسه با پوشش‌های تک جزئی استفاده می‌شوند. پکتین، به عنوان یک پلیمر کربوهیدرات طبیعی مشتق شده از دیواره سلولی گیاه،[۶] یک خاصیت ممانعتی خوب در برابر اکسیژن و لیپیدها است و می توان از آن برای ساخت بسته بندی فعال استفاده کرد [۵،۷]. این پلیمر زیستی یک پلیمر طبیعی غیر سمی، زیست سازگار و ارزان است [۷]. پکتین به تنهایی نمی تواند رشد میکروارگانیسم ها را کاهش داده و اکسیداسیون لیپیدی را در محصولات دریایی به تاخیر بیاندازد زیرا فاقد فعالیت ضدباکتریایی و ویژگی های ضعیف ممانعتی رطوبت دارد [۸،۹]. با این حال، چندین یافته دیگر نیز منعکس کننده اثرات مفید پکتین در بسته بندی مواد غذایی است [۵، ۹]. خواص آنتی اکسیدانی و ضد باکتریایی پوشش های پکتین خوراکی می تواند با ترکیب سایر پلیمرهای زیستی مانند کیتوزان افزایش یابد. پکتین و کیتوزان مواد مناسبی برای تشکیل پوشش های مخلوط و دو لایه با عملکرد بالاتر هستند. مکانیسم برهمکنش بین پکتین و کیتوزان توسط برهمکنشهای الکترواستاتیکی بین پکتین با بار منفی (COO^-) و گروه های زنجیره جانبی با بار مثبت در کیتوزان (NH^{3+}) توضیح داده می شود [۱۰]. کیتوزان، پلیمر خطی از D-گلوکوزامین مرتبط با β-(۱-۴) و N-استیل-D-گلوکزامین، یک پلی ساکارید با منشا طبیعی است که از استیل زدایی کیتین به طور گسترده در سخت پوستان و قارچ ها یافت می شود [۱۱]. تعدادی از مطالعات، استفاده از سیستم های بسته بندی آنتی اکسیدانی و ضد باکتریایی کیتوزان را برای جلوگیری از اکسیداسیون مواد غذایی و آلودگی باکتریایی تایید کردند [۱۲،۱۳،۱۴،۱۵]. با این حال، هیچ مطالعه ای کاربرد کیتوزان و پکتین را به طور همزمان بررسی نکرد. اخیراً برخی از محققان نشان داده‌اند که پوشش‌های کامپوزیت و دولایه یا فیلم‌های ساخته شده از پلیمرهای زیستی می‌تواند کیفیت محصولات ماهی را بهبود بخشد [۱۴،۱۶،۱۷،۱۸]. Nowzari و همکاران در سال ۲۰۱۳، تفاوت معنی داری بین پوشش مخلوط و پوشش دو لایه در رابطه با خواص کیفی فیله نشان داد [۱۴]. اثربخشی پوشش های خوراکی کامپوزیت و دولایه را می توان با ترکیب اسانس ها افزایش داد. پلیمرهای زیستی حامل مواد افزودنی غذایی مانند اسانس های گیاهی هستند [۱۹]. آنتی اکسیدان های مصنوعی مانند هیدروکسی آنیزول بوتیله و هیدروکسی تولوئن بوتیله اغلب در صنایع غذایی استفاده می شوند. در حال حاضر مصرف کنندگان به حفظ محصولات غذایی دریایی با نگهدارنده های طبیعی مانند اسانس های گیاهی توجه می کنند. ترکیب اسانس ها با پوشش ها یا فیلم های پلیمری زیستی دارای ترکیبات مفیدی در مقایسه با استفاده از آنها به تنهایی برای محصولات غذاهای دریایی است زیرا به آزادسازی تدریجی عوامل ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی برای افزایش عمر مفید ماهی کمک می کند [۲۰].

افزودن اسانس های مشتق شده از گیاه می تواند به توسعه مواد بسته بندی برای حفظ مواد غذایی کمک کند. اسانس ها از ترکیبات آلی فرار مختلف تشکیل شده اند که از متابولیسم ثانویه گیاه به دست می آیند [۲۱]. اسانس ها می توانند به عنوان منابع بالقوه ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی روی غذاها و به عنوان یک بسته بندی غذایی جایگزین برای افزودنی های مصنوعی استفاده شوند. اسانس ترخون (*Artemisia dracunculus*)دارای فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی بالایی است [۲۲]. همانطور که محققان اعلام کرده اند، اسانس ها نمی توانند مستقیماً به دلیل برهمکنش بین ترکیبات اکسیداسیون فرار و عوامل محیطی مانند نور، اکسیژن و گرما استفاده شوند [۲۳]. برخی از متون علمی در مورد افزایش عمر مفید و حفظ محصولات شیلاتی در مورد استفاده از پلیمرهای زیستی در سیستم های هیبریدی و اسانس های گیاهی موجود است [۲۳،۲۴،۲۵]. ماهی ماکرل (*Scomberomorus commerson*؛ Scombridae) که در فارسی به آن «شیر ماهی» نیز می‌گویند، محبوب‌ترین ماهی با بالاترین ارزش اقتصادی است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی اثر کامپوزیت پکتین/کیتوزان و پوشش های دولایه حاوی اسانس ارخون بر ماندگاری ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال (۱±۴ درجه سانتی گراد) انجام شد.

روش پژوهش

آماده سازی نمونه

محلول های بیوپلیمر به طور جداگانه تهیه شد. کیتوزان (شرکت شیمیایی سیگما، وزن مولکولی متوسط، ویسکوزیته cP ۸۰۰-۲۰۰) در اسید استیک ۱٪ ، برای تهیه محلول کیتوزان ۱ درصد،تهیه شد [۱۷]. محلول کیتوزان در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد هم زده شد تا کاملا حل شود. پکتین از پوست مرکبات (Sigma-Aldrich) در آب (۲٪ وزنی بر حجم) حل شد. گلیسرول به عنوان یک نرم کننده با غلظت ۰/۷۵ میلی لیتر در گرم اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه همزد شد [۱۷]. اسانس ترخون از شرکت داروسازی باریج اسانس (ایران) خریداری شد.

نمونه ها به طور تصادفی در پنج گروه شامل: ۱) کنترل (بدون روکش)؛ ۲) پوشش دولایه: فیله ها به مدت ۳۰ ثانیه در محلول کیتوزان غوطه

ور شدند و سپس به مدت ۲ دقیقه صبر کردند و سپس به مدت ۳۰ ثانیه در محلول پکتین غوطه ور شدند؛ ۳) پوشش دولایه حاوی اسانس ترخون. سپس برای تشکیل پوشش خوراکی، فیله ها را از محلول خارج کرده و به مدت ۱ ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد تخلیه کردند. نمونه ها در کیسه های پلاستیکی نگهداری شدند و سپس به مدت ۱۶ روز در یخچال نگهداری شدند. آنالیزهای فیزیکوشیمیایی، باکتریولوژیکی و حسی در فواصل ۴ روز برای ارزیابی کیفیت ماهی ماکرل انجام شد.

آنالیز باکتریولوژیکی

از روش پورپلیت برای شمارش باکتری ها (باکتری های مزوفیل کل و باکتری های سایکروتروف) استفاده شد که در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸-۲۴ ساعت و ۷ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز به ترتیب انکوبه شدند.. باکتری های اسید لاکتیک با استفاده از روش پورپلیت بر روی آگار MRS با انکوباسیون در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت جداسازی شدند.

تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی

میزان بازهای ازته فرار کل با استفاده از روش تقطیر بر اساس روش Goulas و Kontominas (۲۰۰۵) [۲۶] مورد بررسی قرار گرفت. محتوای pH فیله ماهی با استفاده از یک pH متر دیجیتال مورد بررسی قرار گرفت [۲۷]. مقدار تیوباربیتوریک اسید بر اساس روش Siripatrawan و Noipha (۲۰۱۲) [۲۸] تجزیه و تحلیل شد. مقدار اسیدهای چرب آزاد نمونه های ماهی با عصاره لیپیدی مورد بررسی قرار گرفت [۲۹].

ارزیابی حسی

تغییرات در ویژگی‌های حسی فیله‌ها، از جمله رنگ، بافت، بو و ظاهر، در طول ذخیره‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از مقیاس لذت‌جویی پنج درجه‌ای (پنج امتیاز: ۵ = دوست داشتن بسیار و ۱ = دوست نداشتن شدید) برای ارزیابی حسی استفاده شد. هشت عضو نیمه آموزش دیده (سن بین ۲۵ تا ۳۲ سال) برای تجزیه و تحلیل حسی نمونه ها انتخاب شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) برای تعیین اینکه آیا تفاوت معنی داری بین میانگین تیمارها توسط SPSS 16.0 برای ویندوز وجود دارد یا خیر، استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌های گروه‌ها از آزمون چندگانه دانکن استفاده شد. مقدار p کمتر از ۰/۰۵ معنی دار در نظر گرفته شد.

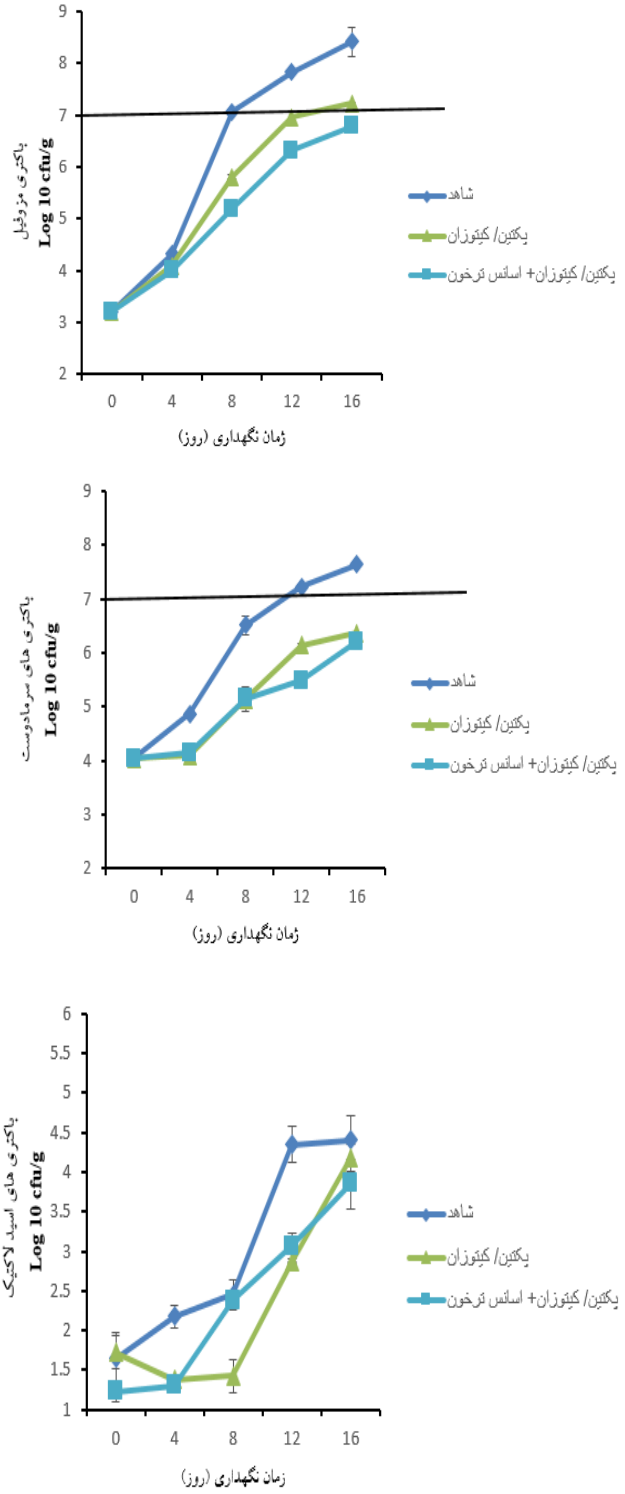
نتایج و بحث

تعداد باکتری های مزوفیل، سرمادوست و باکتری های اسید لاکتیک

اثرات روش های پوشش بر تعداد باکتری های مزوفیل، سرمادوست و تعداد باکتری های اسید لاکتیک فیله ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال در شکل ۱ نشان داده شده است. تعداد اولیه باکتری های مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی ماکرل به ترتیب برابر log10 CFU/g ۳/۲۱ و log10 CFU/g ۴/۰۳ بود. تعداد کم بار میکروبی نشان دهنده کیفیت خوب ماهی ماکرل بود. نتایج تعداد باکتری های اولیه این مطالعه مشابه Mohan و همکاران در سال ۲۰۰۹ بود [۳۱]. افزایش تعداد باکتری های مزوفیل و سرمادوست در طول دوره ذخیره سازی وجود دارد. الگوی رشد باکتری های مزوفیل و سرمادوست، رفتار افزایشی را در طول نگهداری در یخچال نشان داد (شکل ۱). مقادیر باکتری های مزوفیل و سرمادوست نمونه‌های کنترل سریع‌تر از نمونه‌های پوشش‌داده‌شده افزایش یافت، که نشان می‌دهد نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پوشش پکتین/کیتوزان رشد باکتری‌ها را مهار می‌کنند. اگرچه پکتین ممکن است رشد باکتری ها را کاهش دهد، کیتوزان خالص میتواند خواص ضد میکروبی را برای کاهش رشد باکتری ها در صورت افزودن به محلول پکتین افزایش دهد. مکانیسم ضد باکتریایی کیتوزان برهمکنش بار مثبت روی گروه $NH3^+$ مونومر گلوکزامین در مولکول‌های کیتوزان با ماکرومولکول‌های بار منفی روی سطح سلول میکروبی بود [۱۷]. علاوه بر این، کیتوزان به عنوان یک مانع در برابر انتقال اکسیژن عمل می کند [۳۲]. نتایج نشان داد که سرعت رشد باکتری مزوفیل و سرمادوست در محلول پوشش پکتین/کیتوزان و پکتین/کیتوزان+ اسانس ترخون یکسان نبود. نتایج مشابهی توسط Nowzari و همکاران در سال ۲۰۱۳ گزارش شده است [۱۴]. اگر چه نتایج تحقیقات Pereda و همکاران در سال ۲۰۱۱ نشان دادند که تفاوت معنی داری بین اثر ضد باکتریایی ترکیب ژلاتین و کیتوزان وجود نداشت [۳۳]. تمامی تیمارها کاهش معنی داری در تعداد باکتری های مزوفیل و سرمادوست در ماهی ماکرل نسبت به نمونه های بدون پوشش نشان دادند. کمترین تعداد باکتری مربوط به فیله های پوشش داده شده با پکتین/کیتوزان غنی شده با اسانس ترخون به دلیل اثر هم افزایی فعالیت ضد باکتریایی پوشش پکتین/ کیتوزان و اسانس ترخون بود. بنابراین، ترکیب اسانس ترخون در پوشش پکتین/ کیتوزان به طور موثر رشد باکتری ها را در فیله ماهی ماکرل به تاخیر انداخت. اسانس ترخون به دلیل وجود ترکیبات فنلی دارای فعالیت ضد باکتریایی قوی است. اسانس ترخون از هیدروکربن های مونوترپن (Monoterpene hydrocarbons) (۴۲/۱۲ درصد)، مونوترپن های اکسیژن دار (Oxygenated monoterpenes) (۵/۶۹ درصد)، هیدروکربن های سسکوئی ترپن (Sesquiterpene hydrocarbons) (۴/۲۰ درصد)، سسکوئی ترپن های اکسیژن دار (Oxygenated sesquiterpenes) (۰/۸۹ درصد)، ترکیبات آلیفاتیک (۷/۷۴ درصد)، ترکیبات معطر (۰/۲۴ درصد) و سایر ترکیبات معطر (۳۹/۱۱ درصد) تشکیل شده است [۲۲]. فراوان ترین اجزای اسانس ترخون عبارتند از: سابینن (Sabinene) (۱۹/۱۹ درصد)، β-ترپینن (β-terpinene) (۸/۹۴ درصد)، ترپینن-۴-اول (Terpinen-4-ol) (۳/۸۳ درصد) و α-پینن (α-pinene) (۳/۰۸ درصد) [۲۲]. اثر ضد میکروبی اسانس ترخون به موارد زیر نسبت داده شده است: ۱) تماس مستقیم بین اجزای فعال زیستی موجود در اسانس

گیاهی و دولایه فسفولیپیدی غشای باکتریایی که یکپارچگی ساختاری غشای سلولی را مختل کرده و سپس متابولیسم سلولی را تحت تاثیر قرار داده و باعث مرگ سلولی می شود [۳۴ ; ۲) اثرات پلی فنل ها بر آنزیم های هیدرولیتیک، برهمکنش با پروتئین های انتقال دهنده پوشش سلولی و برهمکنش های غیر اختصاصی با کربوهیدرات ها [۳۵]. و ۳) مهار سنتز اسید نوکلئیک [۳۶]. از سوی دیگر، ترکیبات زیست فعال اسانس ترخون در یک محلول می تواند فعالیت ضد باکتریایی آن را با برهمکنش با پلیمرهای زیستی و کاهش تحرک عوامل ضد میکروبی به غذاها بهبود بخشد [۲۳]. در موافقت با این نتیجه، Shahbazi (۲۰۱۸) و Khezrian and Shahbazi (۲۰۱۸) [۳۷،۳۸] گزارش کردند که ترکیب اسانس گیاهی در پلیمرها باعث تقویت فعالیت ضد باکتریایی برای کاهش رشد باکتری می شود. طبق گفته Scudeler وهمکاران (۲۰۲۰) [۳۹]، افزودن اسانس های گیاهی به محلول‌های پوششی می‌تواند فساد غذاهای دریایی را کاهش دهد. به طور کلی، عمر مفید غذاهای دریایی توسط باکتری های مزوفیل و سرمادوست تخمین زده می شود. سطح قابل قبول باکتری های مزوفیل غذاهای دریایی خام log10 CFU/g ۷ است [۴۰]. از نظر باکتری شناسی، نمونه های پوشش داده شده با پوشش های پکتین/ کیتوزان محتوی اسانس ترخون تا ۱۶ روز نگهداری قابل قبول بودند. در روز ۱۲ ذخیره سازی، باکتری های مزوفیل در فیله ماهی ماکرل پوشش داده شده با پکتین/ کیتوزان بیش از log10 CFU/g ۷ شد. باکتری های مزوفیل در فیله ماهی ماکرل بدون پوشش پس از ۸ روز نگهداری، بالاتر از حد پیشنهادی (حدود log10 CFU/g ۷) بود که نشان‌دهنده ماندگاری باکتریایی حدود ۷ روز برای گروه‌های بدون پوشش بود.

تعداد باکتری های اسید لاکتیک اولیه برای همه گروه ها از log10 ۱/۲۳ CFU/g تا log10 ۱/۶۸ CFU/g متغیر بود (شکل ۱). تعداد باکتری های اسید لاکتیک برای نمونه های شاهد و پوشش داده شده کمتر از سایر باکتری هایی بود که در مطالعه فعلی در طول ذخیره سازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. تعداد باکتری های اسید لاکتیک در تمام نمونه ها در طول ذخیره سازی به آرامی افزایش یافت. افزودن اسانس ترخون به محلول پکتین/ کیتوزان کاهش بیشتری در باکتری های اسید لاکتیک نمونه های تیمار شده ایجاد نکرد و تفاوت معنی داری بین فیله ماهی ماکرل شاهد و پوشش داده شده در طول نگهداری در یخچال وجود نداشت. طبق Burt (۲۰۰۴) و Kostaki و همکاران (۲۰۰۹) [۳۴، ۴۱]، باکتری های اسید لاکتیک به دلیل توانایی آن در مواجهه با استرس اسمزی مقاومت بالاتری در برابر اسانس های گیاهی دارد.



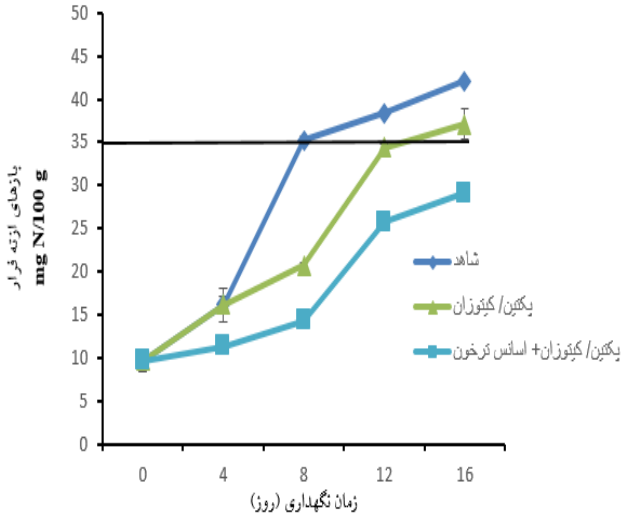
شکل ۱- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر تعداد باکتری‌های مزوفیل، باکتری‌های سرمادوست و باکتری های اسید لاکتیک ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

تغییرات میزان بازهای ازته فرار کل

بازهای ازته فرار یک شاخص فساد برای تخمین تازگی ماهی خام است [۴۲]. بازهای ازته فرار شامل ترکیبات مختلفی از جمله آمونیاک، آمین های اولیه، ثانویه و سوم است. شکل ۲ تغییرات در مقادیر بازهای ازته فرار نمونه

های شاهد و پوشش داده شده را در طول نگهداری در یخچال نشان می دهد. میزان اولیه بازهای ازته فرار در تمام نمونه ها ۱/۲۶ ± ۹/۶۷ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه های تازه تعیین شد. مقدار بازهای ازته فرار فیله های بدون پوشش و تیمار شده به تدریج با طولانی‌تر شدن زمان ذخیره‌سازی افزایش یافت، که می‌توان آن را به تخریب پروتئین و ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی توسط فعالیت آنزیم‌های داخلی و فعالیت میکروبی نسبت داد [۴۳]. مقدار بازهای ازته فرار در فیله های پوشش داده شده با پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون بسیار کمتر از فیله های پوشش داده شده با پکتین/ کیتوزان بود. طبق کمیسیون اروپا [۴۴]، بالاترین سطح توصیه شده بازهای ازته فرار ۳۵ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه های تازه است. مقدار بازهای ازته فرار فیله ماهی ماکرل تیمار شده با پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون کمتر از ۲۹ میلی گرم در ۱۰۰ گرم در پایان ذخیره سازی باقی ماند. Khezrian and Shahbazi (۲۰۱۸) [۳۸] گزارش کردند که افزودن ترکیبات طبیعی به نانوکامپوزیت کیتوزان و فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز، سرعت افزایش بازهای ازته فرار را کندتر کرد.

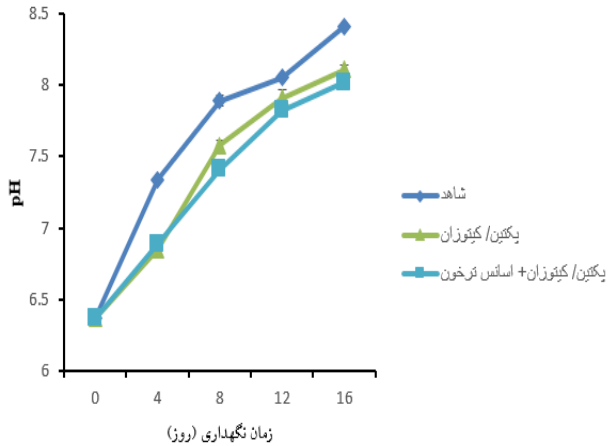
کمترین محتوای بازهای ازته فرار در پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون ممکن است به دلیل سد اکسیژن پکتین و کیتوزان و فعالیت آنتی اکسیدانی کیتوزان و اسانس ترخون باشد که تجزیه پروتئین ناشی از کاهش رشد میکروارگانیسم ها (مانند باکتری های تولید کننده H2S و گونه های سودوموناس) را کاهش می دهد و توانایی باکتری ها برای دآمینه زدایی اکسیداتیو ترکیبات غیر پروتئینی را کاهش می دهد [۴۵]. در این مطالعه، اثرات هم افزایی و افزایشی ادغام همزمان اسانس ترخون در محلول مبتنی بر پکتین/کیتوزان باعث کاهش محتوای بازهای ازته فرار شد. بنابراین، پوشش خوراکی پکتین/کیتوزان اضافه شده با اسانس ترخون می تواند به طور موثری از فساد فیله ماهی ماکرل جلوگیری کند.



شکل ۲- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر میزان بازهای ازته فرار ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

تغییرات میزان pH

در روز صفر، مقدار pH اولیه ۰/۱۱ ± ۶/۳۷ بود و با زمان نگهداری افزایش یافت (شکل ۳). مقدار pH نمونه های شاهد و پوشش داده شده به طور معنی داری در طول زمان افزایش یافت ($P < ۰/۰۵$). به طور کلی، پس از مرگ ماهی، مقدار pH فیله ماهی به دلیل تبدیل گلیکوژن به اسید لاکتیک کاهش می یابد [۴۶]. مطالعات مختلف گزارش کرده اند که مقدار pHبه طور قابل توجهی توسط آنزیم های درون زا و میکروبی که ترکیبات قلیایی مانند آمونیاک، تری متیل آمین و ترکیبات بازی فرار تولید می کنند، افزایش می یابد [۴۷]. از سوی دیگر، پروتئین غذاهای دریایی به سرعت تحت اکسیژن کافی تجزیه می شود که باعث افزایش مقدار pH می شود. میزان pH در آخرین روز نگهداری در نمونه شاهد، پکتین/ کیتوزان و پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون به ترتیب ۸/۴۱، ۸/۱۱ و۸/۰۲ بود. میزان pH در نمونه شاهد در مقایسه با سایر نمونه‌های تیمار شده بالاتر بود. در مطالعه ما، مقدار pH نمونه‌های تیمار شده به طور قابل‌توجهی در طول ذخیره‌سازی قبلی افزایش پیدا نکرد ($P < ۰/۰۵$)، که ممکن است به میکروارگانیسم‌های محدودی نسبت داده شود که می‌توانند پروتئین‌ها را برای تولید مواد نیتروژنی فرار تجزیه کنند [۴۸]. با این حال، مقدار pH نمونه شاهد در روز شانزدهم به سرعت به ۸/۴۱ افزایش یافت. کمترین مقدار pH در نمونه های پوشش داده شده با پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون شمارش شد ($P < ۰/۰۵$). ترکیب همزمان عوامل نگهدارنده طبیعی (اسانس ترخون) و کیتوزان در پوشش‌های مبتنی بر پکتین نشان‌دهنده اثرات ضد میکروبی سینرژیک در برابر رشد باکتری‌ها و تجزیه ترکیبات نیتروژنی است. نتایج مشابهی توسط Xiong و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شده است [۵]. بنابراین، نتایج این مطالعه تأیید کرد که جمعیت باکتری‌ها در نمونه‌ها بر مقادیر pH تأثیر می‌گذارد و بنابراین تجمع بازهای فرار توسط باکتری‌ها ممکن است به افزایش pH در نمونه‌های ماهی ماکرل نسبت داده شود. علاوه بر این، ماهی ماکرل تازه اگر با پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون پوشانده شود می تواند کیفیت خود را افزایش دهد.

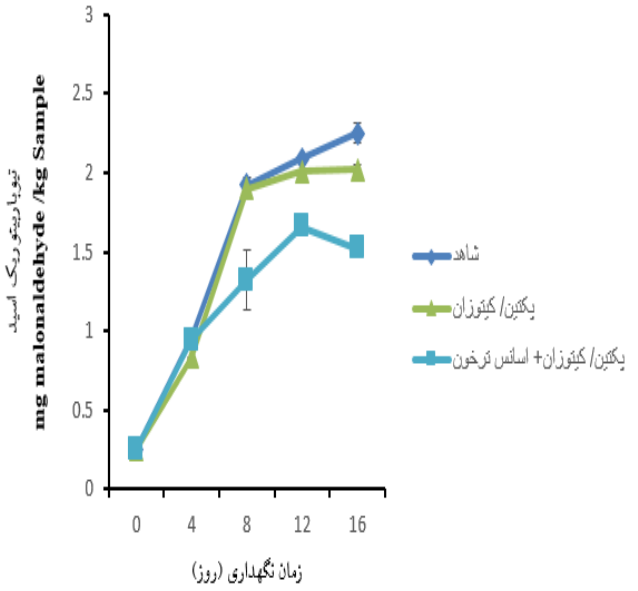


شکل ۳- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر میزان pH ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید

تیوباربیتوریک اسید به عنوان یک شاخص ضروری برای تعیین ترکیبات ثانویه (مالون دی آلدئید تولید شده از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع در فیله) استفاده می شود [۳۲]، که منجر به طعم و بوی نامطبوع (ترشیده) در محصولات غذاهای دریایی و کوتاه شدن ماندگاری آنها می شود. میزان بالای ماهیچه تیره و اسیدهای چرب تک و چند غیراشباع فیله ماهی مارکل منجر به اکسیداسیون چربی شد. تغییرات در مقدار تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های کنترل و تیمار شده در شکل ۴ نشان داده شده است.

مقادیر اولیه تیوباربیتوریک اسید همه نمونه‌ها ۰/۰۰ ± ۰/۲۵ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم بود که مشابه نتایج Silbande و همکاران در سال ۲۰۱۶ و Kannaiyan و همکاران در سال ۲۰۱۴ بود [۴۹،۵۰]. مقدار تیوباربیتوریک اسید تمام نمونه ها در طول دوره ذخیره سازی در نوسان بود. محتوای تیوباربیتوریک اسید در تمام نمونه‌ها به طور مداوم با طولانی‌تر شدن زمان ذخیره‌سازی افزایش می‌یابد ($P < ۰/۰۵$). مقدار تیوباربیتوریک اسید نمونه شاهد، پکتین/ کیتوزان و پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون به ترتیب ۲/۲۵، ۲/۰۲ و ۱/۵۲ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم در پایان دوره نگهداری بود. مقادیر تیوباربیتوریک اسید برای نمونه های کنترل بیشتر از نمونه های تیمار شده بود. هنگامی که کیتوزان به تیمارهای پکتین اضافه شد، تفاوت معنی‌داری در مقدار تیوباربیتوریک اسید مشاهده شد. گزارش شده است که کیتوزان یک مکانیسم آنتی اکسیدانی موثر با شلاته کردن یون‌های فلزی و مخلوط شدن با لیپیدها [۳۴] یا تشکیل یک فلوروسفر پایدار با اتصال مالون آلدئید و گروه‌های آمینه اولیه کیتوزان دارد. این نتیجه نشان داد که اکسیداسیون لیپید در فیله را می توان با استفاده از اسانس های گیاهی ترکیب شده با کیتوزان به دلیل خواص آنتی اکسیدانی کاهش داد. مکانیسم آنتی اکسیدانی اسانس ترخون ممکن است از طریق فعالیت آنتی اکسیدانی قوی با ظرفیت های مهار رادیکال با عامل آنتی اکسیدانی (ترکیبات پلی فنولیک مانند فلاونوئیدها و مشتقات اسید سینامیک) باشد [۵۱]. این نتایج نشان داد که اسانس های گیاهی حفاظت بهتری نسبت به پکتین یا کیتوزان در اکسیداسیون ارائه می‌دهند. فعالیت آنتی اکسیدانی پکتین یا پوشش کیتوزان را می توان با افزودن اسانس ترخون بهبود بخشید. Xiong و همکاران (۲۰۲۰) [۵] گزارش کرد که گوشت خوک تازه پوشیده شده با پکتین + اسانس پونه کوهی دارای مقدار تیوباربیتوریک اسید کمتری نسبت به نمونه شاهد در طول نگهداری در یخچال است [۵۱]. Nisar و همکاران (۲۰۱۹) [۵۲] اثر قابل توجهی از تیمار را در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدی ماهی پوشش داده شده با پکتین ذخیره شده در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ روز نشان داد. طبق گفته Sallam (۲۰۰۷) و Alsaggaf و همکاران (۲۰۱۷) [۵۳،۵۴]، حداکثر سطح تیوباربیتوریک اسید ۸ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم به عنوان حد قابل قبول محصولات دریایی تازه است. بر اساس این مطالعه، نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با پکتین/ کیتوزان و پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون دارای محتوای کمتری نسبت به مقدار توصیه‌شده در پایان دوره نگهداری بودند که نشان‌دهنده کیفیت خوب فیله‌ها از نظر اکسیداسیون لیپید در طول نگهداری در یخچال است. این نتیجه نشان داد که پکتین ترکیب شده با کیتوزان و اسانس ترخون می تواند از فیله ماهی ماکرل در برابر اکسیداسیون لیپید محافظت کند.

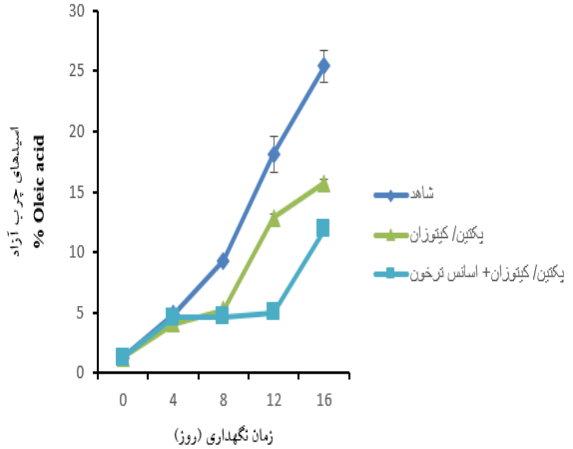


شکل ۴- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

تغییر میزان اسید های چرب آزاد

تغییرات در محتوای اسیدهای چرب آزاد فیله ماهی ماکرل در طول ذخیره سازی در شکل ۵ نشان داده شده است. مقدار اسیدهای چرب آزاد اولیه تمام نمونه ها ۰/۰۱ ± ۱/۲۸ درصد اولئیک اسید بود. میزان اسیدهای چرب آزاد نمونه شاهد، تیمارهای پوشش داده شده با پکتین/ کیتوزان و پکتین/ کیتوزان+ اسانس ترخون به ترتیب ۲۵/۴۱، ۱۵/۷۰ و ۱۱/۸۸ درصد اولئیک اسید در روز شانزدهم نگهداری بود. به طور کلی، روند افزایشی اسیدهای چرب آزاد در طول ذخیره سازی نشان داده می شود. کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد در گروه های تیمار شده در مقایسه با گروه های بدون پوشش مشاهده شد. کاهش مقدار اسیدهای چرب آزاد در نمونه های پوشش داده شده می تواند به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد باکتریایی قوی اسانس ترخون باشد که باعث کاهش رشد و تولید مثل باکتری های سرمادوست، به ویژه Pseudomonas spp.، و همچنین، مهار هیدرولیز آنزیمی لیپیدهای استری شده می شود. در عضله اثرات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی هم افزایی قابل توجهی بین اسانس ترخون و کیتوزان در برابر باکتری های فساد و اکسیداسیون لیپید مشاهده شد. اثرات عصاره گیاهی داخل پوشش پکتین با مطالعات Xiong و همکارانش (۲۰۲) مطابقت دارد [۵]، که دریافتند که افزودن اسانس پونه کوهی به پوشش های پکتین باعث کاهش مقدار اسیدهای چرب آزاد در گوشت خوک به دلیل بهبود خواص

آنتی اکسیدانی پوشش می شود.



شکل ۵- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر میزان اسیدهای چرب آزاد ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

ارزیابی حسی

نتایج ویژگی‌های حسی مانند طعم، رنگ، بو و ارزیابی‌های پذیرش کلی فیله‌های ماهی ماکرل بدون پوشش و پوشش داده شده در جدول ۱ نشان داده شده است. پارامترهای حسی بر اساس تفاوت‌های مشاهده‌شده در ویژگی‌های آنها از ۰ تا ۵ نمره‌گذاری شدند. پارامترهای حسی اساساً در ارائه توضیحات مناسب از تغییرات فیله در طول نگهداری در یخچال مفید هستند. نمرات حسی بیش از ۳، برای مصرف انسانی قابل قبول بود. برخی از علائم فساد مانند بوی گندیده، نداشتن رنگ براق و به طور کلی غیرقابل قبول بودن فیله غذاهای دریایی قابل توجه است. نمرات ارائه شده توسط پانل های نیمه آموزش دیده نشان داد که فیله ماهی ماکرل، کیفیت بالایی دارد (در ۰ تا ۳ روز نگهداری در یخچال). اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها با گروه‌های همو (هموگلوبین و میوگلوبین)، واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی بین محصولات اکسیداسیون لیپید و گروه‌های آمین در پروتئین‌ها و فساد باکتری‌ها می‌تواند باعث از دست دادن رنگ شود [۲۸]. تفاوت معنی داری در مقبولیت کلی بین پوشش پکتین/کیتوزان و شاهد مشاهده نشد. ترکیب کیتوزان و اسانس ترخون در محلول پکتین منجر به افزایش امتیاز پانل‌ها از طعم و بوی نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده در طول ذخیره‌سازی شد. پوشش پکتین/کیتوزان+ اسانس ترخون به بهترین وجه مقبولیت کلی را در مقایسه با سایرین حفظ کرد. Nisar و همکاران (۲۰۱۹) [۵۲] نشان داد که افزودن اسانس گیاهی به پوشش‌های مبتنی بر پکتین می‌تواند مقبولیت کلی فیله ماهی را افزایش دهد. Khezrian و Shahbazi (۲۰۱۸) و Saki و همکاران (۲۰۱۸) [۱۶،۳۸] نشان داد که استفاده از پوشش های ضد باکتری مبتنی بر پلی ساکارید همراه با عصاره پوست انار منجر به افزایش قابل توجهی در ویژگی های حسی گوشت شد. نتایج ارزیابی حسی با تعداد باکتری ها، محتوای بازهای ازته فرار و اکسیداسیون لیپید همبستگی خوبی دارد. کمترین تیمارهای مناسب برای نگهداری طولانی مدت با پوشش پ پکتین/کیتوزان+ اسانس ترخون بود که نشان می‌دهد پوشش‌های پکتین و کیتوزان همراه با اسانس ترخون می‌توانند رشد باکتری‌های تولیدکننده بو را کاهش دهند

جدول ۱- تاثیر پوشش دولایه پکتین / کیتوزان حاوی اسانس ترخون بر آنالیز حسی ماهی ماکرل در طول نگهداری در یخچال.

Days of storage		0	4	8	12	16
Texture	Control	5.00 ± 0.00^{aA}	3.78 ± 0.30^{bC}	3.57 ± 0.20^{bAB}	2.35 ± 0.17^{cB}	2.21 ± 0.14^{cD}
	BC	5.00 ± 0.00^{aA}	4.28 ± 0.18^{aABC}	3.42 ± 0.20^{cB}	3.00 ± 0.00^{dAB}	2.71 ± 0.18^{dBCD}
	BC-TEO	5.00 ± 0.00^{aA}	4.85 ± 0.14^{aA}	4.00 ± 0.30^{bAB}	2.85 ± 0.26^{cB}	2.85 ± 0.26^{cABC}
odor	Control	5.00 ± 0.00^{aA}	4.14 ± 0.26^{bA}	3.71 ± 0.35^{bA}	2.00 ± 0.00^{cC}	1.57 ± 0.20^{cB}
	BC	5.00 ± 0.00^{aA}	4.57 ± 0.20^{aA}	3.85 ± 0.26^{bA}	3.07 ± 0.22^{cA}	2.35 ± 0.17^{dA}
	BC-TEO	5.00 ± 0.00^{aA}	4.14 ± 0.26^{bA}	4.00 ± 0.21^{bA}	3.00 ± 0.21^{cA}	2.57 ± 0.20^{cA}
Color	Control	5.00 ± 0.00^{aA}	3.85 ± 0.40^{bA}	3.71 ± 0.18^{bB}	2.57 ± 0.20^{cB}	1.71 ± 0.18^{dB}
	BC	5.00 ± 0.00^{aA}	4.14 ± 0.34^{bA}	4.00 ± 0.30^{bB}	3.14 ± 0.26^{cAB}	2.14 ± 0.14^{dAB}
	BC-TEO	5.00 ± 0.00^{aA}	4.42 ± 0.20^{bA}	4.71 ± 0.18^{aA}	3.42 ± 0.29^{aA}	2.21 ± 0.14^{cAB}
Overall acceptance	Control	5.00 ± 0.00^{aA}	4.00 ± 0.37^{bA}	3.71 ± 0.35^{bA}	2.28 ± 0.18^{cB}	1.14 ± 0.14^{dB}
	BC	5.00 ± 0.00^{aA}	4.35 ± 0.23^{bA}	4.28 ± 0.35^{bA}	3.00 ± 0.21^{cAB}	2.00 ± 0.00^{dA}
	BC-TEO	5.00 ± 0.00^{aA}	4.42 ± 0.20^{aA}	4.42 ± 0.20^{aA}	3.14 ± 0.26^{bA}	2.42 ± 0.20^{cA}

نتیجه‌گیری

مشاهده شد که ترکیب اسانس ترخون به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی و یک عامل ضد باکتری در محلول پکتین/کیتوزان به طور موثری عمر مفید فیله ماهی ماکرل را در مقایسه با نمونه های بدون پوشش ۳ روز افزایش داد. پوشش‌های دولایه همراه با اسانس ترخون، پارامترهای مختلف فیزیکوشیمیایی (بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید و اسید های چرب آزاد) و باکتریایی (باکتری های مزوفیل، سرمادوست و باکتری های اسید لاکتیک) را در طول ذخیره‌سازی بهبود بخشیدند. نتایج نشان داد که پوشش دولایه بیوپلیمر حاوی اسانس گیاهی یک بسته‌بندی زیست فعال خوب است که می‌تواند به عنوان یک نگهدارنده طبیعی برای غذاهای دریایی در طول نگهداری در یخچال استفاده شود.

مشارکت نویسندگان

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

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

[2] Antoniewski, M.N., Barringer, S.A., Knipe, C.L., &Zerby, H.N. (2007).Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat.*Journal of Food Science, 72*, 382-387.

[3] V. Falguera, J.P. Quintero, A. Jiménez, J.A. Munoz, A. Ibarz, Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science & Technology 22 (2011) 292-303.

[4] Bertuzzi, M.A., Castro Vidaurre, E.F., Armada, M., Gottifredi, J.C., 2007. Water vaporpermeability of edible starch based films. Journal of Food Engineering 80, 972–978.

[5] Yun Xiong, Shumin Li, Robyn Dorothy Warner, Zhongxiang Fang, Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging, Food Control (2020): 114: 107226

[6] Moslemi M, Reviewing the recent advances in application of pectin for technical and health promotion purposes: from laboratory to market, *Carbohydrate Polymers* (2020),117324

[7] Espitia, P. J. P., Du, W.-X., de Jesús Avena-Bustillos, R., Soares, N. d. F. F., & McHugh, T. H. (2014). Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties-A review. *Food Hydrocolloids, 35*, 287-296.

[8] Asdagh, A., Pirsa, S., Khosrowshahi Asal, A. 2019. Preparation of colored pectin film containing *Carum copticum* Essential oil and Beta-Carotene Pigment and investigation of its physicochemical and antimicrobial properties. Journal of Food Science and Technology. 86-: 235- 249.

[9] Šešija, S., Nešić, A., Škorić, M.L., Krušić, M.K., Santagata, G., Malinconico, M. 2018. Pectin/Carboxymethylcellulose Films as a Potential Food Packaging Material. Macromolecular Symposia. 378: 1-5.

[10] Maciel, V.B.V., Yoshida, C.M.P. Teixeira Franco, T. 2015. Chitosan/pectin polyelectrolyte complex as a pH indicator. Carbohydrate Polymers. 132: 537- 545.

[11] Rivero, S., García, M.A., &Pinotti, A. (2009). Composite and bi-layer films based on gelatin and chitosan. *Food Engineering, 90*, 531–539.

[12] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., & Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology, xxx*, 1-8.

[13] M.E. López-Caballero, M.C. Gómez-Guillén, M. Pérez-Mateos, P. Montero, A chitosan–gelatin blend as a coating for fish patties. Food Hydrocoll. 19 (2005) 303–311.

14- F. Nowzari, B. Shabanpour, S.M. Ojagh, Comparison of chitosan- gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chem. 141 (2013) 1667- 1672.

15- Yadav, S., Mehrotra, G.K., & Dutta, P.K. (2020). Chitosan based ZnO nanoparticles loaded gallic-acid films for active food packaging. *Food Chemistry*, 334, 127605.

16- Saki, J.; Khodanazary, A.; Hosseini, S. M. Effect of Chitosan-Gelatin Composite and Bi-Layer Coating

[26] A.E. Goulas, M.G. Kontominas, Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes, Food Chem. 93 (2005) 511–520.

[27] V. Suvanich, M.L. Jahncke, D.L. Marshall, Changes selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage, Food Sci. 65 (2000) 24-29.

[28] U. Siripatrawan, S. Noipha, Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages, Food Hydrocoll. 27 (2012) 102-108.

[29] A.D. Woyewoda, S.J. Shaw, P.J. Ke, B.G. Burns, Recommended laboratory methods for assessment of fish quality, Canadian Technical Report of Fish and Aquatic Science, 1984, 1448.

[30] Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during a assembly of head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680–685.

[31] Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Srinivasa Gopal, T.K., Ashok Kumar, K., Lalitha, K.V. 2009. Biogenic amines formation in seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks packed with O2 scavenger during chilled storage. Food Research International. 42: 411-416.

[32] C.O. Jeon, Y.V.A. Kamil, F. Shahidi, Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. J. Agric. Food Chem. 50 (2002) 5167-5178.

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

[34] Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review. International Journal of Biological Macromol, 94(3), 223–253.

[35] M.M. Cowan, Plant products as antimicrobial agents.ClinicalMicrobiology Reviews, 12 (1999) 564–582.

[36] C. Rodríguez, J.A. Mendiola, R. Quirantes-Piné, E. Ibá˜nez,A.Segura, Cerretero, green downstream processing using supercritical carbondioxide, CO2-expanded ethanol and pressurized hot water extractions for recovering bioactive 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.

17- S.M. Ojagh, M. Rezaei, S.H. Razavi, S.M.H. Hosseini, Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chem. 120 (2010) 193-198.

18- Mohebi, E., & Shahbazi, Y. (2017). Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: A novel functional wrapping design. *LWT-Food Science and Technology*, 76,108-116.

19- Atarés, L., & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 51-62

[20] Parreidt, T.S., Müller, K., Schmid, M. Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. Foods, 7: 1-38.

[21] Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils – a review. Food Chem. Toxicol. 46, 446–475.

[22] Liu, T., Lin, P., Boa, T., Ding, Y., Lha, Q., Nan, P., Huang, Y., Gu, Z., Zhong, Y. 2018. Essential oil composition and antimicrobial activity of *Artemisia dracunculus* L. var. *qinghaiensis* Y. R. Ling (Asteraceae) from Qinghai-Tibet Plateau. Industrial Crops and Products. 125: 1-4.

[23] Sharma, S., Barkauskaite, S., Jaiswal, A.K., Jaiswal, S. 2020. Essential Oils as Additives in Active Food Packaging. Food Chemistry, 128403.

[24] Kakaei, Y. Shahbazi, 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. Tech. 72 (2016) 432-438.

[25] E. Alp-Erbay, B.B.G. Dağtekin, M. Türe, A.F. Yeşilsu, S. Torres-Giner, Quality improvement of rainbow trout fillets by whey protein isolate coatings containing electrospun poly(ε-caprolactone) nanofibers with Urtica dioica L. extract during storage. LWT– Food Sci. Tech. 78 (2017) 340–351.

fishery products and specifying the analysis methods to be used. Brussels, Belgium: EC.

[45] W. Fan, Y. Chi, S. Zhang, The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. Food Chem. 108 (2008)148–153

[46] Khalafalla FA, Ali FH, Hassan A-RH (2015) Quality improvement and shelf life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci 4(1):33–40

[47] 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

[48] N.P. Nirmal, S. Benjakul, Retardation of quality changes of Pacific White shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. Int. J. Food Microbiol. 149 (2011) 247- 253.

[49] A. Silbande, S. Adenet, J. Smith-Ravin, J. Joffraud, K. Rochefort, F. Leroi, Quality assessment of ice-stored tropical yellowfin tuna (Thunnus albacares) and influence of vacuum and modified atmosphere packaging. Food Microbiology. 60 (2016) 62-72.

[50] Kannaiyan, S. K., Annamalai, J., Kannuchamy, N., & Gudipati, V. (2014). Shelf life extension of tuna fillets using natural preservatives isolated from garlic. *Society of Fisheries Technologists (India), 51*, 179-186.

[51] M. Raeisi, H. Tajik, J. Aliakbrlu, S.H. Mirhosseini, S.M.H. Hosseini. Effect of carboxymethyl cellulose-based coatings incorporated with Zataria multiflora Boiss. essential oil and grape seed extract on the shelf life of rainbow trout fillets. LWT- Food Science and Technology. 64 (2015) 898-904.

[52] Nisar, T., Yang, X., Alim, A., Iqbal, M., Wang, Z.C., Guo, Y. 2019. Physicochemical responses and microbiological changes of bream (Megalobrama ambycephala) to pectin based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration. International Journal of Biological Macromlecules. 124: 1156-1166.

compounds from Moringa oleifera leaves, J.Supercrit.Fluids, 116(2016)90–100.

[37] Y. Shahbazi, Application of carboxymethyl cellulose and chitosan coatings containing Mentha spicata essential oil in fresh strawberries. International Journal of Biological Macromolecules. 112 (2018) 264-272.

[38] A. Khezrian, Y. Shahbazi, Application of nanocompostie chitosan and carboxymethyl cellulose films containing natural preservative compounds in minced camel's meat. International Journal of Biological Macromolecules. 106 (2018) 1146-1158.

[39] Scudeler, C.G.S., Costa, T.L., Cortez-Vega, W.R., Prentice, C., Fonseca, G.G. 2020. Development and characterization of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) protein isolate-based biopolymer films incorporated with essential oils and nanoclay. Food Packaging and Shelf life. 25: 100542.

[40] ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications 377 for Foods). (1986). Microorganisms in foods. 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and scientific applications (2nd ed.). Toronto: University of Toronto Press.

[41] Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. Food Microbiology, 26(5), 475–482.

[42] S. Benjakul, W. Visessanguan, J. Tueksuban, Changes in physico-chemical properties and gel-forming ability of lizardfish (Saurida tumbil) during post-mortem storage in ice. Food Chemistry, 80 (2003) 535–544.

[43] T. Mehdizadeh, H. Tajik, S. Jafarie, A. Kaboudari, Effect of *Salvia officinalis* L. extract on chemical, microbial, sensory and shelf life of rainbow trout fillet. Food Sci. Biotechnol. 28 (2019) 1499–1506

[44] EC (1995). Commission of the European Community, decision 95/149/EC of 8 March 1995 fixing the total volatile basic nitrogen (TVB-N) limit values for certain categories of

quality enhancement of Nile tilapia fillets. Int. J. Biol. Macromol. 99 (2017) 499-505.

[55] Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T., & AN, H. (1997). Physicochemical changes in pacific whiting muscle proteins during iced storage. *Journal of Food science*, 62, 729–733.

[53] K.I. Sallam, Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 18 (2007) 566–575.

[54] M.S. Alsaggaf, S.H. Moussa, A.A. Tayel, Application of fungal chitosan incorporated with pomegranate peel extract as edible coating for microbiological, chemical and sensorial

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

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

Esmaeili, M., Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

http://doi.org/10.52547/joc.15.60.1

http://joc.inio.ac.ir/article-1-1825-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 and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.