**مجله علوم و صنایع غذایی ایران**

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

**مقاله علمی_پژوهشی**

# تاثیر استفاده از کیتوزان و β- سیکلو دکسترین بر ثبات اکسیداسیونی و حذف فلزات سنگین در گوشت چرخ‌شده ماهی شیر(*Scomberomorus commerson*) طی نگهداری در یخچال

زهرا پیشگاهی[۱]، رضوان موسوی ندوشن[۲*]، پیمان مهستی[۳]، به‌آفرید قلندری[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

٤- دانشیار گروه نانوتکنولوژی پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۶

**کلمات کلیدی:**

*Scomberomorus commerson*،

کیتوزان،

بتاسیکلودکسترین،

گوشت چرخ‌شده ماهی.

**DOI: 10.52547/fsct.19.123.105**

**DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.17.2**

* مسئول مکاتبات:

r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

**چکیده**

**محصولات دریایی دارای ترکیباتی نظیر اسیدهای چرب امگا ۳، ویتامین‌های محلول در چربی، پروتئین‌های قابل هضم و ریز مغذی‌هایی نظیر فلوئور، کلسیم، ید، مس، آهن و روی هستند. از این‌رو ارائه روش‌هایی جهت افزایش ماندگاری و نیز حذف فلزات سنگین از گوشت ماهی دارای اهمیت است. در این پژوهش، با استفاده از بیوپلیمرهای کیتوزان (CS) و بتا سیکلودکسترین (β-CD) ثبات اکسیداسیونی گوشت چرخ‌شده ماهی شیر طی ۱۲ روز نگهداری در دمای یخچال با ارزیابی‌های شیمیایی (میزان اسیدیته (pH)، عدد پراکسید (PV)، و تیوباربیتوریک اسید (TBA)، ظرفیت نگهداری آب (WHC)) و میکروبی (شمارش بار میکروبی کل (TVC)) هر ۳ روز یکبار مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین توانایی این دو ترکیب در کاهش غلظت فلزات سنگین طی نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده، استفاده از CS و β-CD بر روی مقادیر تمامی شاخص‌ها در مقایسه با تیمار شاهد تاثیر معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). بنابراین می‌توان گفت استفاده از CS و β-CD در کاهش اکسیداسیون و رشد باکتری‌های گوشت چرخ‌شده طی نگهداری در یخچال موثر است. کمترین میزان pH در تیمارهای T8 و T11، کمترین میزان PV در تیمارهای T8، T10 و T11، کمترین میزان TBA در تیمار T7، بیشترین میزان WHC در تیمار T8 و کمترین میزان TVC در تیمارهای T8 و T11 مشاهده شد. همچنین استفاده از محلول‌های CS و β-CD منجر به کاهش غلظت فلزات سنگین موجود در گوشت چرخ‌شده ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) شد، بطوریکه تیمار T8 بهترین عملکرد را در کاهش کادمیوم، سرب و جیوه از خود نشان داد و در برابرحذف نیکل، تیمارهای مختلف تقریبا عملکرد یکسانی داشتند.**

## ۱- مقدمه

علیرغم اهمیت مصرف آبزیان در تضمین سلامتی، متاسفانه میزان مصرف سرانه آن در ایران ۸/۵ کیلوگرم می‌باشد، در حالی‌که مصرف سالانه ماهی در جهان ۱۷/۷ کیلوگرم است که این میزان در کشورهای توسعه یافته بین ۲۶ کیلوگرم و در ژاپن بین ۸۰ تا ۹۰ کیلوگرم در سال می‌رسد [۱]. ناتوانی در تبدیل ماهی به محصولات پایدار، قابل قبول و توزیع برای مردم به قیمتی که توان خرید را داشته باشند یکی از دلایل عدم مصرف ماهی در جامعه می‌باشد [۲]. ترویج مصرف آبزیان در ایران با توجه به جمعیت آن نیاز به برنامه‌ریزی اصولی دارد و در درجه اول باید مشکلات فرهنگی و اجتماعی مانع مصرف و مهمترین عوامل شامل عدم آشنایی با روش‌های مختلف پخت، مشکلات عمل آوری ماهی در خانه، بوی ماهی و گران بودن قیمت مورد بررسی قرار گرفته و تا حد امکان مرتفع گردد. یکی از روش‌های نیل به اهداف مذکور عمل‌آوری و ارائه محصولات آماده طبخ و ذائقه پسند به مصرف‌کننده می‌باشد [۳]. غذاهای دریایی منبع مناسبی از مواد مغذی شامل پروتئین، ویتامین‌های محلول در چربی، ریز عنصرها و اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشند [٤]. با وجود این مزایا، به دلیل احتمال حضور فلزات سنگین در آبزیان همواره نگرانی از به خطر افتادن سلامتی در میان مصرف‌کنندگان وجود دارد [٥].

فلزات سنگین به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی آلاینده‌های محیط‌های آبی در اثر فرآیندهای طبیعی و نیز بطور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی به محیط‌های آبی راه می‌یابند، مواجه شدن انسان با بعضی از آن‌ها از طریق آب و مواد غذایی می‌تواند مسمویت‌های مزمن و بعضا حاد و خطرناکی را ایجاد نمایند که از جمله آن‌ها می‌توان به فلزاتی نظیر سرب، کادمیم ، جیوه، نیکل ، روی، آلومینیوم، آرسنیک، مس و آهن اشاره کرد [٦]. آبزیان عناصر شیمیایی سنگین را در بدن خود جمع نموده و به عبارتی تغلیظ کرده و در جریان چرخه زیستی این مواد را به سطوح غذایی بالاتر و درنهایت به انسان انتقال می‌دهند [۷].

مواد زیستی که بیشتر مواد غذایی از آن مشتق می‌شوند در صورت وجود فرصت کافی، بویژه وقتی که در شرایط نا مطلوب قرار گیرند، فاسد می‌شوند. فساد در اصل ناشی از تخریب میکروبی و یا واکنش‌های شیمیایی است که موجب تغییراتی در محصول می‌شود و ممکن است کیفیت آن را کاهش داده و خطر بالقوه‌ای برای سلامتی گردد و سرانجام به زیان اقتصادی قابل توجهی منتهی شود [۸]. ماهی به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از اسیدهای چرب در مقابل فسادهای ناشی از اکسیداسیون بسیار حساس بوده به سرعت دچار آسیب می‌گردد . اکسیداسیون چربی به عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش کیفیت و از بزرگترین نگرانی‌ها در مورد گوشت ماهی و فرآورده‌های دریایی منجمد می‌باشد [۹]. ترکیبات حاصل از اکسیداسیون بر طعم روغن‌ها اثر می‌گذارند و چنانچه اکسیداسیون در سطح پیشرفته‌ای صورت گرفته باشد، آن‌ها را غیر قابل مصرف می‌کنند [۱۰]. برای جلوگیری و یا به تعویق انداختن فساد و اکسیداسیون در چربی ماهی و فرآورده‌های آن می‌توان از کنترل و کاهش درجه حرارت، و همچنین افزودن آنتی اکسیدان‌های نظیر کیتوزان و بتاسیکلودکسترین استفاده کرد.

مطالعات موسوی و همکاران (۱۳۹٦) نشان داد که شست و شوی گوشت چرخ‌شده ماهی کفشک با محلول آبی کیتوزان بر محتوای فلزات سنگین ونیز ثبات کیفی گوشت در خلال نگهداری در یخچال طی ۱۵ روز موثر است [۱۱]. کریمی و همکاران (۱۳۹۸) اثر فیلم و پوشش کیتوزان را تحت شرایط بسته‌بندی در خلاء و اتمسفر بر کیفیت فیله ماهی شعری معمولی طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲روز مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داده است، استفاده از این پوشش همراه با بسته‌بندی در خلاء، باعث حفظ ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی فیله ماهی شعری معمولی می‌شود [۱۲]. مارکز و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر پوشش‌هایی حاوی کیتوزان و عصاره اتانولی بره موم را بر کیفیت فیله‌های بسته‌بندی شده در خلاء ماهی کاچاما که یک ماهی بومی آمازون است، پرداختند. بر طبق نتایج ارائه شده، ترکیبی از ویژگی‌های بازدارنده کیتوزان و خواص زیست فعال بره موم باعث افزایش ماندگاری فیله‌های بسته‌بندی شده است [۱۳].

در پژوهشی، میلانی و همکاران (۱۳۹۹)، اثر پوشش ژلاتین، هیدروکسی پروپیل بتاسیکلودکسترین حاوی نانومولسیون را بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی گوشت بوقلمون در طی نگهداری در یخچال را بررسی نمودند. بر طبق نتایج نمونه گوشت پوشش‌دهی شده با ژلاتین/هیدروکسی پروپیل بتاسیکلو دکسترین حاوی ۱/۵ درصد نانومولسیون اسانس گزنه

مطلوب‌ترین اثر را بر افزایش ماندگاری گوشت بوقلمون داشته است. [۱۴]. بر طبق گزارشات متون علمی از کیتوزان [۱۵] و بتاسیکلودکسترین [۱۶] برای حذف فلزات سنگین و آلودگی‌ها از آب استفاده شده است، اما مطالعات درزمینه استفاده از پلیمرهای خوراکی جهت حذف فلزات سنگین از مواد غذایی بسیار محدود و اندک است.

کیتوزان نام اختصاصی مجموعه پلیمرهایی با نسبت های متفاوت گلوکزامین وN–استیل گلوکز آمین است [۱۷]. کیتوزان دارای ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاصی ازجمله تجزیه‌پذیری زیستی در زمان کوتاه، سازگاری زیستی با بافت‌های انسانی، فعالیت ضدباکتریایی و ضد قارچی و عدم سمیت بوده لذا پتانسیل بالایی درصنایع غذایی دارد. همچنین کیتوزان دارای فعالیت بیولوژیک بوده که از جمله می توان به اثرات هیپوکلسترولمی، اثرضدمیکروبی، تسریع جذب آهن و کلسیم اشاره نمود. همچنین به عنوان فیلم و پوشش خوراکی و نگهدارنده طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۸].

بتاسیکلودکسترین به دلیل سطح آبدوست و حفره آب‌گریزی که دارد در صنایع مختلف به عنوان ماده کمکی استفاده می‌شود. بتاسیکودکسترین از لحاظ سمیت طبق گزارشات موجود دارای هیچگونه اثرات سرطان‌زایی نمی‌باشد. سیکلودکسترین‌ها الیگوساکاریدهای حلقوی شکل با واحدهای α-D گلوکز هستند که از تخریب نشاسته با انزیم CGTase یا باکتری باسیل تولید می‌شوند [۱۹].

ماهی شیر[1] از ماهی‌های مرغوب جنوب ایران است که در خلیج فارس زندگی می‌کند. ماهی شیر، ماهی آب شور و دارای گوشت بسیار لذیذی است [۲۰]. خلیج‌فارس دریایی نیمه بسته است و زمان ماندگاری آب در آن نسبتاً طولانی است، بنابراین هرگونه آلودگی که وارد آن می‌شود ممکن است تا مدت طولانی در آن بماند و موجب آلودگی بیش‌ازحد آن گردد. از این‌رو با توجه به فراوانی ماهی شیر در ایران و نیز وجود منابع فراوان آلوده‌کننده محیط زیست در خلیج فارس، تعیین میزان غلظت فلزات سنگین در این ماهی و ارائه راهکارهایی جهت کاهش غلظت فلزات سنگین ضروری می‌باشد.

تولید محصولات فرآوری‌شده از گوشت چرخ‌شده و شسته شده آبزیان، علاوه بر اینکه می‌تواند در سطح بالایی از هدر رفت آبزیان صید شده جلوگیری کند، به دلیل تولید محصولات غذایی به شکلی که برای مصرف‌کننده دلپذیرتر می‌باشد منجر به افزایش سرانه مصرف آبزیان در کشور می‌شود. با توجه به خواص و کاربردهای گوناگون کیتوزان و بتاسیکلودکسترین در صنایع غذایی و لزوم کاهش غلظت فلزات سنگین ماهی‌های صید شده از آب‌های در معرض خطر آلودگی با این فلزات، در این تحقیق تاثیر این دو ماده بر کاهش غلظت فلزات نیکل، سرب، کادمیوم و جیوه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تاثیرات استفاده از این مواد بر ثبات کیفی گوشت چرخ‌شده ماهی شیر در خلال نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش کار

### ۲-۱- مواد

تعداد ۴۰ قطعه ماهی شیر تازه با میانگین وزنی و طولی مناسب از بازار ماهی فروشان خریداری و پس از قراردادن در جعبه های یونولیت حاوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شد. پس از آماده سازی اولیه ماهی‌ها شامل قطع سر و دم، تخلیه امعاء و احشاء و شستشو، کار جداسازی گوشت از اسکلت ماهی انجام گردید. سپس به‌وسیله چرخ گوشت با دیسک حاوی سوراخ‌های ۳ میلی‌متر چرخ شد و در نتیجه گوشت چرخ‌شده ماهی به‌دست آمد. گوشت چرخ شده تا زمان انجام بقیه مراحل در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. مواد شیمیایی و حلال‌ها از شرکت مرک، کیتوزان و بتاسیکلودکسترین از شرکت سیگما آلدریچ خریداری شدند.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- تهیه محلول کیتوزان

ابتدا محلول اسید استیک ۱ درصد (حجمی/حجمی) تهیه گردید و سپس کیتوزان بر اساس درصد در هر تیمار (با وزن مولکولی متوسط و درجه استیل‌زدایی ۸۵-۷۵٪) به ۱۰۰ میلی-لیتر از این محلول در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد اضافه شد و عمل هم‌زدن به آرامی تا حل شدن تمامی کیتوزان ادامه یافت. بعد از ۳ ساعت محلولی با رنگ قهوه‌ای کم رنگ ایجاد گردید. در این مرحله ۱/۵ میلی‌لیتر گلیسرول به عنوان نرم‌کننده به محلول اضافه شد و هم‌زدن به مدت ۳۰ دقیقه دیگر ادامه پیدا کرد. در نهایت محلول ایجاد شده برای شست و شو گوشت چرخ‌شده شیر ماهی مورد استفاد قرار گرفت.

1. *S. commerson*

**۲-۲-۲- تهیه محلول β-سیکلودکسترین**

برای تهیه این محلول، β-سیکلودکسترین (بر اساس درصد در هر تیمار) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۲ ساعت در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد هم‌زده شد. پس از انحلال کامل β-سیکلودکسترین، به منظور خالص‌سازی بیشتر، محلول تهیه شده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد.

**۲-۲-۳- تهیه محلول کیتوزان/β -سیکلودکسترین**

به منظور تهیه محلول کیتوزان/β-سیکلودکسترین، ابتدا کیتوزان (بر اساس درصد در هر تیمار) در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱ درصد (حجمی/حجمی) اسید استیک در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت هم‌زده شد. سپس β-سیکلودکسترین (بر اساس درصد در هر تیمار) به محلول کیتوزان اسیدی افزوده شد و فرآیند هم‌زدن در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت دیگر ادامه پیدا کرد. در نهایت محلول تهیه شده از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و مورد استفاده قرار گرفت.

**۲-۲-٤- شست و شو گوشت چرخ‌شده**

شست و شو و ایجاد پوشش با محلول‌های آبی تهیه شده سرد (دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد) ۲ بار به نسبت آب به گوشت چرخ‌شده ۱:۱۰ و مدت زمان ۳ ساعت توسط هات پلیت – استیرر صورت پذیرفت. پس از آن نمونه‌های مربوط به هر تیمار آبگیری شدند و در صفحات مشبک استریل تحت جریان ملایم هوا به مدت ۱ ساعت قرارگرفتند و در نهایت، پس از قرار گرفتن در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار بسته بندی(هوازدایی) شدند و در یخچال نگهداری گردیدند.

**۲-۲-۵- نمونه‌برداری**

در این تحقیق، ابتدا جهت بررسی و مقایسه فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب و جیوه) در ١٤ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار انجام شد (Table 1). جهت بررسی ویژگی‌های شیمیایی، میزان اسیدیته (pH)، عدد پراکسید (PV)، و تیوباربیتوریک اسید (TBA)، ظرفیت نگهداری آب (WHC)) و میکروبی (شمارش بار میکروبی کل (TVC))، ۵ مرحله نمونه‌برداری و برای هر مرحله ۳ تکرار طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال (٤ ±۱ ℃) انجام گردید.

**Table 1** Treatments

| Entry | Treatment |
|---|---|
| 1 | Control |
| 2 | CD 1% (T1) |
| 3 | CD 1.5% (T2) |
| 4 | CS 1% (T3) |
| 5 | CS 1% + CD 1% (T4) |
| 6 | CS 1% + CD 1.5% (T5) |
| 7 | CS 1.5% (T6) |
| 8 | CS 1.5% + CD 1% (T7) |
| 9 | CS 1.5% + CD 1.5% (T8) |
| 10 | CS 2% (T9) |
| 11 | CS 2% + CD 1 (T10) |
| 12 | CS 2% + CD 1.5% (T11) |

CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin

**۲-۲-٦- اندازه گیری pH**

جهت اندازه گیری pH، مقدار ۵ گرم از هر نمونه به ٤٥ سی سی آب مقطر اضافه گردید و پس از همگن شده توسط یک دستگاه همزن با دستگاه pH متر (Motrihm، 827، سوئیس)، مقدار pH اندازه‌گیری گردید.

**۲-۲-۷- آنالیزهای فیزیکوشیمیایی**

اندازه‌گیری عدد پراکسید طبق AOAC صورت پذیرفت [۲۱]. در این روش روغن استخراجی در ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید استیک -کلروفرم (۳:۲ حجمی/حجمی) حل می‌شود و سپس به مخلوط حاصل ۰/۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم اشباع، اضافه و مخلوط به مدت یک دقیقه به شدت تکان داده می‌شود، پس از یک دقیقه به مخلوط ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و پس از اختلاط کامل، مخلوط با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا ظهور رنگ زرد روشن تیتر می‌گردد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر معرف نشاسته ۱ ٪ به مخلوط اضافه و رنگ مخلوط به آبی تیره تبدیل شد و عمل تیتراسیون تا حذف رنگ آبی و ظهور رنگ روشن ادامه داده شد. این آزمون در همه نمونه‌ها ۳ مرتبه تکرار گردید.

برای اندازه‌گیری TBA از روش Egan و همکاران استفاده شد [۲۲]. ۱۰ گرم نمونه توزین و با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید. مخلوط حاصل با ٤٧/۵ میلی‌لیتر آب مقطر به ارلن‌های تقطیر انتقال داده شد. ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ٤ نرمال به همراه مواد ضد کف و ضد جوش به مخلوط اضافه و ارلن‌مایر به دستگاه تقطیر وصل گردید. مخلوط حرارت داده شده و ۵۰ میلی‌لیتر از ماده تقطیر شده پس از زمان جوش از مخلوط جمع‌آوری شد. ۵ میلی‌لیتر از ماده تقطیر شده و ۵ میلی‌لیتر معرف TBA به لوله‌های دردار منتقل و

پس از تکان دادن کامل به مدت ۲ ساعت در آب جوش قرار داده شدند. همزمان تمامی این مراحل برای شاهد تکرار گردید. نمونه‌ها پس از حرارت‌دهی به مدت ۱۰ دقیقه سرد شده و دانسیته نوری آن‌ها در سل‌های ۱ سانتیمتری در مقابل شاهد در طول موج ۵۳۸ نانومتر خوانده شد.

نمونه‌برداری جهت انجام آزمون‌های میکروب‌شناسی با توجه به روش کارSallam و Ojagh و همکاران انجام [۲۳] و پس از تهیه رقت‌های اعشاری متوالی، ۱ میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش پورپلیت به محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) اضافه گردید. برای شمارش کلی (باکتری‌های مزوفیل هوازی) و سرما دوست از محیط Plate count agar به روش کشت مخلوط استفاده شد و به ترتیب در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز در گرمخانه نگهداری شدند.

برای اندازه‌گیری WHC، ۱۰ گرم از گوشت ماهی چرخ شده از هر تیمار درون لوله‌های سانتریفیوژ ریخته شد و به آن ۱۵ میلی لیتر محلول کلرید سدیم ۰/۶ مولار اضافه می‌گردد. سپس این لوله‌ها به مدت ۱ دقیقه ورتکس شدند و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سرد می‌شوند. سپس در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و با دور ۳۰۰۰ قرار گرفتند. قابلیت نگهداری آب از رابطه زیر بدست آمد:

$$100 \times (Wpellet - Wraw) / Wraw$$

Wraw= وزن اولیه

Wpellet= وزن نمونه پس از سانتریفیوژ

### ۲-۲-۸- آنالیز فلزات سنگین

#### ۲-۲-۸-۱- هضم شیمیایی

مقداری از نمونه را درون آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ٢٤ ساعت قرار داده، پس از سرد شدن نمونه ها، توسط اسپاتول از نمونه‌های خشک شده در اثر حرارت به میزان ۲ گرم بر روی ترازوی دیجیتالی (که دارای دقتی معادل ۰/۰۱ می باشد) قرار داده و توزین گردید. سپس نمونه‌های توزین شده را جهت هضم شیمیایی درون ارلن های ۱۰۰ میلی لیتر ریخته و به آن‌ها طبق روش کار، به مقدار ۲۰ سی‌سی اسید سولفوریک و ۱۰ سی‌سی آب اکسیژنه اضافه نموده، سپس ارلن‌ها را تکان داده تا محلول‌های آنها همگن و یکنواخت گردد. پس از همگن و یکنواخت شدن، محلول‌ها در شرایط آزمایشگاهی و در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا زمانی‌که کاملا محلول‌های نمونه، هضم شوند. بعد از حل شدن نمونه‌ها حرارت را قطع نموده و به نمونه‌ها زمان داده شد تا خشک شوند. سپس توسط قیف‌های حاوی صافی، محلول‌های خنک شده را وارد ارلن مایرهای ۱۰۰ سی‌سی کرده و از صافی عبور داده سپس ۵۰ سی سی محلول را برداشته و آن به درون بالن‌های ۵۰ سی سی انتقال داده شد. نمونه‌ها داخل بطری‌های پلی‌اتیلنی که دارای برچسب کد نمونه است ریخته شد و محلول به دست آمده به دستگاه تزریق و مقدار جذب و غلظت هر یک از فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی شعله (Perkin-Elmer-1100B) خوانده شد [٢٤].

### ۲-۲-۹- آنالیز آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ١٦ صورت پذیرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه و برای بررسی تفاوت بین میانگین‌های یک تیمار در زمان‌های مختلف و بین تیمارهای مختلف در یک زمان از آزمون توکی استفاده گردید. در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز برای رد فرض صفر، ۵ ٪ در نظر گرفته شده است.

## ۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول ۲، تغیرات میزان pH در طی یک دوره‌ی ۱۲ روزه نگهداری در دمای یخچال یک روند افزایشی در تمام گروه‌ها نشان داده است، به‌طوریکه در روز ۱۲ نگهداری، میزان آن برای تیمار شاهد از ٦/٧٤ به ۷/۲۸ و برای تیمار CS 1.5% + CD 1.5% (T8) از ٤/٦١ به ۵/۳۳ رسیده است.

با توجه به اطلاعات ارایه شده، گوشت ماهی در زمان صید دارای pH تقریبا خنثی می‌باشد. پس از صید و مرگ ماهی به دلیل تجزیه ترکیبات نیتروژنی، افزایش pH و در نتیجه کاهش کیفیت گوشت ماهی مشاهده می‌شود [۲۵]. همان‌طور که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود د طی ۱۲ روز نگهداری در تمامی تیمارها افزایش pH رخ داده است، اما افزایش pH در تیمارهایی که دارای کیتوزان و بتاسیکلودکسترین بودند، کمتر بوده است. در مطالعه حاضر با توجه به ویژگی اسیدی محلول کیتوزان، تیمارهای شست و شو داده شده با این محلول در مقایسه با محلول بتاسیکلودکسترین دارای pH پایین‌تری

بودند. همچنین در تیمارهای حاوی هر دو ماده کیتوزان و بتاسیکلودکسترین در مقایسه با سایر تیمارها تاثیر بیش‌تری در کاهش pH مشاهده شده است (P<۰/۰۵).

افزایش میزان pH ناشی از افزایش بار و فعالیت باکتری‌هایی که عامل فساد هستند و به خصوص مخمر و کپک و در نتیجه تولید ترکیبات فراری نظیر تری متیل آمین و آمونیاک است که از هستند، ایجاد می‌شوند . در مطالعه انجام شده، در تمامی روزهای نمونه‌گیری، کل تیمارها با اختلاف معنی‌داری دارای pH کمتر از pH تیمار شاهد بودند. کمتر بودن pH در نمونه‌های دارای پوشش را می‌توان به خواص ضد میکروبی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین مربوط دانست که در نتیجه منجر به کاهش رشد باکتری‌ها وتجزیه کمتر ترکیبات نیتروژنی دانست. تیمارهای حاوی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین با کنترل بیشتر رشد باکتری‌ها و در نتیجه کنترل بار میکروبی، افزایش pH کمتری را نسبت به تیمار شاهد از خود نشان داده‌اند.

نتایج pH پژوهش حاضر با مطالعه‌ای که فن و همکاران در سال ۲۰۰۹، بر روی نمونه‌های کپور نقره‌ای تیمار شده با کیتوزان انجام دادند، مطابقت دارد [۲۶]. همچنین در سال ۲۰۱۰، دوآن و همکاران از کیتوزان، عصاره خرچنگ و دارچین برای پوشش فیل‌های ماهی استفاده نمودند که نتایج حاصل کاهش pH در نمونه‌های پوشش داده شده را نشان دادند [۲۷].

**Table 2** Changes of pH in different treatments during refrigerator storage

| Treatment | Day 1 | Day 3 | Day 6 | Day 9 | Day 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $6.74 \pm 0.03^{l}$ | $6.79 \pm 0.02^{k}$ | $6.88 \pm 0.03^{j}$ | $6.95 \pm 0.02^{k}$ | $7.28 \pm 0.04^{l}$ |
| T1 | $6.29 \pm 0.03^{h}$ | $6.4 \pm 0.01^{j}$ | $6.53 \pm 0.02^{i}$ | $6.69 \pm 0.02^{j}$ | $6.97 \pm 0.02^{h}$ |
| T2 | $6.14 \pm 0.05^{g}$ | $6.16 \pm 0.02^{h}$ | $6.31 \pm 0.02^{h}$ | $6.52 \pm 0.02^{h}$ | $6.77 \pm 0.02^{f}$ |
| T3 | $6.24 \pm 0.04^{gh}$ | $6.35 \pm 0.01^{i}$ | $6.49 \pm 0.02^{i}$ | $6.61 \pm 0.02^{i}$ | $6.85 \pm 0.01^{g}$ |
| T4 | $5.72 \pm 0.06^{e}$ | $5.76 \pm 0.03^{f}$ | $5.84 \pm 0.02^{f}$ | $5.96 \pm 0.01^{f}$ | $6.02 \pm 0.02^{d}$ |
| T5 | $5.52 \pm 0.07^{d}$ | $5.51 \pm 0.02^{d}$ | $5.65 \pm 0.04^{d}$ | $5.81 \pm 0.01^{e}$ | $5.96 \pm 0.02^{c}$ |
| T6 | $5.95 \pm 0.04^{f}$ | $6.02 \pm 0.01^{g}$ | $6.16 \pm 0.01^{g}$ | $6.42 \pm 0.01^{g}$ | $6.65 \pm 0.02^{e}$ |
| T7 | $5.24 \pm 0.05^{c}$ | $5.34 \pm 0.01^{c}$ | $5.49 \pm 0.01^{c}$ | $5.62 \pm 0.01^{c}$ | $5.82 \pm 0.02^{b}$ |
| T8 | $4.61 \pm 0.05^{a}$ | $4.77 \pm 0.02^{a}$ | $4.96 \pm 0.02^{a}$ | $5.13 \pm 0.01^{a}$ | $5.33 \pm 0.03^{a}$ |
| T9 | $5.59 \pm 0.03^{d}$ | $5.63 \pm 0.02^{e}$ | $5.71 \pm 0.02^{e}$ | $5.75 \pm 0.02^{d}$ | $5.81 \pm 0.02^{b}$ |
| T10 | $4.9 \pm 0.06^{b}$ | $5.05 \pm 0.02^{b}$ | $5.15 \pm 0.01^{b}$ | $5.26 \pm 0.03^{b}$ | $5.38 \pm 0.02^{a}$ |
| T11 | $4.94 \pm 0.02^{b}$ | $5.01 \pm 0.01^{b}$ | $5.13 \pm 0.01^{b}$ | $5.26 \pm 0.02^{b}$ | $5.34 \pm 0.01^{a}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin

محتوای PV در تیمارهای مختلف شستشو با محلول آبی CS، β-CD و مخلوط CS/ β-CD و تغییرات آن در طی نگهداری در یخچال در جدول ۳ آورده شده است.

هیدروپراکسید، محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها و اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است. از این رو، اکسیداسیون اولیه در چربی‌ها با اندازه‌گیری میزان پراکسید ارزیابی می‌شود. شاخص پراکسید نشان دهنده میزان کل هیدروپراکسیدها و یکی از شاخصهای مهم و اولیه اندازه‌گیری فساد چربی ماهیان می‌باشد. در نتیجه اکسیداسیون چربی‌ها، ترکیبات ثانویه‌ای نظیر آلدئیدها و کتون ایجاد می‌شوند که با شناسایی این ترکیبات می‌توان به تند شدن اکسیداسیونی را تشخیص داد(۲۸). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد اختلاف معنی‌داری در محتوای پروکسید نمونه‌ها در تیمارهای مختلف و در روزهای مختلف نگهداری مشاهده می‌شود، همچنین افزایش معنی داری در محتوای پروکسیدها در خلال نگهداری در یخچال در تمامی تیمارها مشاهده گردید. کمترین و بیشترین میزان پروکسیدها در روز اول و روز دوازدهم نگهداری به ترتیب به تیمار ۱۱ و تیمار شاهد تعلق داشت. میزان عدد پراکسید در نمونه‌های تیمارشده با کیتوزان، بتاسیکلودکسترین و ترکیب دو ماده به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود. با توجه به اینکه، محدوده قابل پذیرش برای اندیس پراکسید، ۱۰ میلی اکی والان پراکسید بر کیلوگرم چربی است، کلیه تیمارها از نظر اندیس پراکسید در محدوده قابل قبول قرار داشتند. دلیل این امر را میتوان به این صورت توجیه نمود که در حالت تیمار شده با محلول‌های ذکر شده، با توجه به تاثیرات آنتی‌اکسیدانی که کیتوزان و بتاسیکلودکسترین دارا می‌باشند، این مواد همانند یک پوشش عمل کرده و با ایجاد باندهای هیدروژنی به صورت سدی در

برابر نفوذ اکسیژن عمل میکنند مانع رسیدن اکسیژن به سطح گوشت چرخ‌شده می‌شوند و انتشار اکسیژن را در سطح محصول کاهش می‌دهند [۲۹]. نتایج این پژوهش با مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۰ توسط حسن‌زاده و همکاران انجام شد و تاثیر استفاده از پوشش کیتوزان به همراه عصاره دانه انگور را بر کاهش اکسیداسیون چربی گوشت مرغ در طول نگهداری در یخچال بیان نمودند، مطابقت دارد [۳۰]. همچنین نتایج بررسی، جئون و همکاران در سال ۲۰۰۲ مبنی بر استفاده از پوشش کیتوزان بر فیله‌های هرینگ نگهداری شده در دمای یخچال، کاهش اکسیداسیون اولیه چربی را نشان داد [۲۹].

اجاق و همکاران در سال ۲۰۱۰، از پوشش کیتوزانی برای افزایش ماندگاری ماهی قزل‌آلا استفاده نمودند که نتایج کاهش نرخ تولید پراکسید را نشان داد [۲۳]، بر اساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر مخلوط کیتوزان و β-سیکلودکسترین عملکرد بهتری را در کاهش نرخ پراکسید نشان داد.

**Table 3** Changes of PV in different treatments during refrigerator storage

| Treatment | Day 1 | Day 3 | Day 6 | Day 9 | Day 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $2.29 \pm 0.02^{f}$ | $4.21 \pm 0.02^{b}$ | $6.21 \pm 0.05^{j}$ | $7.23 \pm 0.05^{j}$ | $9.07 \pm 0.04^{j}$ |
| T1 | $2.16 \pm 0.01^{e}$ | $4.11 \pm 0.01^{b}$ | $5.97 \pm 0.02^{i}$ | $6.87 \pm 0.02^{i}$ | $8.86 \pm 0.02^{i}$ |
| T2 | $2.05 \pm 0.01^{d}$ | $4.05 \pm 0.02^{b}$ | $5.64 \pm 0.01^{g}$ | $6.32 \pm 0.02^{g}$ | $8.38 \pm 0.01^{g}$ |
| T3 | $2.12 \pm 0.01^{e}$ | $4.09 \pm 0.01^{b}$ | $5.87 \pm 0.01^{h}$ | $6.66 \pm 0.02^{h}$ | $8.72 \pm 0.02^{h}$ |
| T4 | $2.02 \pm 0.03^{d}$ | $3.65 \pm 1.72^{b}$ | $4.11 \pm 0.01^{e}$ | $5.19 \pm 0.02^{e}$ | $7.33 \pm 0.01^{e}$ |
| T5 | $1.87 \pm 0.02^{b}$ | $2.32 \pm 0.02^{b}$ | $3.77 \pm 0.01^{d}$ | $4.23 \pm 0.02^{b}$ | $5.43 \pm 0.02^{c}$ |
| T6 | $1.96 \pm 0.01^{c}$ | $3.95 \pm 0.01^{b}$ | $5.21 \pm 0.02^{f}$ | $6.09 \pm 0.01^{f}$ | $8.04 \pm 0.03^{f}$ |
| T7 | $1.86 \pm 0.01^{b}$ | $2.35 \pm 0.02^{a}$ | $3.51 \pm 0.01^{b}$ | $4.96 \pm 0.01^{c}$ | $5.26 \pm 0.01^{b}$ |
| T8 | $1.73 \pm 0.01^{a}$ | $2.19 \pm 0.01^{a}$ | $2.22 \pm 0.02^{a}$ | $4.03 \pm 0.01^{a}$ | $5.14 \pm 0.02^{a}$ |
| T9 | $1.93 \pm 0.04^{c}$ | $2.33 \pm 0.02^{a}$ | $3.64 \pm 0.02^{c}$ | $5.1 \pm 0.03^{d}$ | $6.21 \pm 0.03^{d}$ |
| T10 | $1.76 \pm 0.03^{a}$ | $2.21 \pm 0.02^{a}$ | $2.25 \pm 0.02^{a}$ | $4.05 \pm 0.03^{a}$ | $5.16 \pm 0.02^{a}$ |
| T11 | $1.74 \pm 0.01^{a}$ | $2.19 \pm 0.01^{a}$ | $2.21 \pm 0.02^{a}$ | $4 \pm 0.01^{a}$ | $5.13 \pm 0.02^{a}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin
Values are mean ± standard deviation of three determinations
Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($p<0.05$).

تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید (TBA) در تیمارهای مختلف در گوشت چرخ‌شده ماهی شیر طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال در جدول شماره ٤ آورده شده است.

شاخص TBA به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در ماهیان، به طور وسیعی کاربرد دارد به کمک این شاخص میزان مالون دی‌آلدهید اندازه‌گیری می‌شود [۳۱]. در مرحله دوم اتواکسیداسیون، که هیدروپراکسیدها به آلدهید و کتون اکسیده می‌شوند، مالون دی‌آلدهید تشکیل می‌شود. محصولات ثانویه اکسیداسیون سبب ایجاد طعم و بوی نامطلوب در محصول می‌شوند [۳۲]. همانطور که در جدول ٤ مشاهده می گردد، در روز اول اعمال تیمارهای شستشو با محلول آبی کیتوزان تفاوت معنی‌داری در محتوای TBA بین تیمارها مشاهده گردید. با افزایش زمان ماندگاری در یخچال محتوای TBAافزایش معنی‌داری را در تمامی تیمارها نشان داد. بیشترین میزان TBA در تیمارهای شاهد، ۲ و ٤ به ترتیب در روز نهم و دوازدهم مشاهده گردید.

طی دوره نگهداری در یخچال، مقادیر TBA در تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را در قایسه با سایر تیمارها نشان داد. به طوری که در پایان دوره در تیمار شاهد به ۳/٤٤ میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید بر گرم گوشت ماهی در صورتی که در نمونه‌های تیمارشده با کیتوزان، بتاسیکلودکسترین و محلول شامل هر دو ماده، TBA مقادیر کمتری را دارا بود. علت این امر را می‌توان به خاصیت آنتی اکسیدانی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین مربوط دانست. افزایش این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدها در گوشت باشد. همچنین، آلدئیدها به‌عنوان محصولات ثانویه اکسیداسیون از شکست هیدرو پراکسیدها ایجاد میشوند و روند افزایش هیدروپراکسیدها می‌توانند دلیل بر این امر باشد. تیمارهای حاوی کیتوزان به علت ایجاد یک پوشش در سطح گوشت چرخ‌شده ماهی شیر، مانعی بین فیله و هوای اطراف آن ایجاد می‌کند که باعث کم شدن سرعت انتشار اکسیژن در سطح مربوط دانست. همچنین کیتوزان به مهار

یون‌های آهن‌دار به وسیله کلاته کردن آن‌ها، از فعالیت پراکسیدهای جلوگیری می‌کند [۲۹]. کم بودن شاخص در تیمارهای حاوی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین را به علت هم‌افزایی بین دو پوشش دانست.

با توجه به اینکه میزان ۳ تا ٤ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی قابل قبول می‌باشد و حداکثر میزان TBA در ماهی یخ‌زده یا سردشده برابر با ۵ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی است [۳۳]، بنابراین تمامی تیمارها از لحاظ TBA در طول نگهداری، پایین‌تر از حد ایجادکننده فساد در ماهی هستند. با توجه به اعداد گزارش شده در جدول ٤، می‌توان گفت که کیتوزان و بتاسیکلودکسترین در کاهش اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها در گوشت چرخ‌شده ماهی شیر موثر بوده است.

نتایج پژوهشی که در سال ۲۰۰۹ توسط فن و همکاران بر روی نمونه‌های ماهی کپور تیمار شده توسط کیتوزان انجام شده است با نتایج این مطالعه مطابقت دارد و میزان TBA نمونه‌های دارای پوشش در مقایسه با نمونه شاهد مقادیر کمتری را نشان داده است [۲٦]. همچنین نتایج حاصل از مطالعات موهان و همکاران در سال ۲۰۱۲ (۳٤) و چمن‌آرا و همکاران در سال ۲۰۱۳ (۳۵) نیز تاثیر پوشش کیتوزان بر کاهش میزان TBA را بیان نمودند که با توجه به نتایج حاصل در پژوهش حاضر مخلوط کیتوزان و β-سیکلودکسترین عملکرد موفق‌تری نسبت به استفاده از کیتوزان به تنهایی در کاهش TBA نشان داده است.

**Table 4** Changes of TBA in different treatments during refrigerator storage

| Treatment | Day 1 | Day 3 | Day 6 | Day 9 | Day 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $0.51 \pm 0.02^{h}$ | $0.7 \pm 0.01^{i}$ | $1.63 \pm 0.02^{h}$ | $2.74 \pm 0.01^{h}$ | $3.44 \pm 0.01^{j}$ |
| T1 | $0.41 \pm 0.01^{g}$ | $0.65 \pm 0.01^{h}$ | $1.5 \pm 0.01^{g}$ | $2.58 \pm 0.01^{g}$ | $3.26 \pm 0.01^{i}$ |
| T2 | $0.36 \pm 0.01^{f}$ | $0.61 \pm 0.01^{g}$ | $1.4 \pm 0.01^{def}$ | $2.46 \pm 0.01^{e}$ | $3.2 \pm 0.01^{h}$ |
| T3 | $0.35 \pm 0.01^{f}$ | $0.62 \pm 0.01^{g}$ | $1.48 \pm 0.01^{fg}$ | $2.53 \pm 0.02^{f}$ | $3.25 \pm 0.01^{i}$ |
| T4 | $0.28 \pm 0.02^{d}$ | $0.55 \pm 0.01^{e}$ | $1.37 \pm 0.02^{de}$ | $2.39 \pm 0.02^{d}$ | $3.01 \pm 0.02^{f}$ |
| T5 | $0.22 \pm 0.01^{bc}$ | $0.48 \pm 0.01^{cd}$ | $1.3 \pm 0.01^{bcd}$ | $2.23 \pm 0.02^{b}$ | $2.69 \pm 0.01^{d}$ |
| T6 | $0.32 \pm 0.01^{e}$ | $0.58 \pm 0.01^{f}$ | $1.38 \pm 0.01^{de}$ | $2.34 \pm 0.01^{c}$ | $3.1 \pm 0.02^{g}$ |
| T7 | $0.21 \pm 0.01^{b}$ | $0.46 \pm 0.01^{b}$ | $1.24 \pm 0.01^{abc}$ | $2.2 \pm 0.01^{b}$ | $2.53 \pm 0.02^{a}$ |
| T8 | $0.17 \pm 0.01^{a}$ | $0.43 \pm 0.01^{a}$ | $1.23 \pm 0.01^{abc}$ | $2.13 \pm 0.02^{a}$ | $2.64 \pm 0.02^{bc}$ |
| T9 | $0.24 \pm 0.01^{c}$ | $0.5 \pm 0.01^{d}$ | $1.32 \pm 0.15^{cd}$ | $2.31 \pm 0.02^{c}$ | $2.73 \pm 0.02^{e}$ |
| T10 | $0.19 \pm 0.01^{a}$ | $0.46 \pm 0.02^{bc}$ | $1.18 \pm 0.01^{ab}$ | $2.19 \pm 0.03^{b}$ | $2.67 \pm 0.02^{cd}$ |
| T11 | $0.16 \pm 0.01^{a}$ | $0.42 \pm 0.01^{a}$ | $1.15 \pm 0.01^{a}$ | $2.14 \pm 0.02^{a}$ | $2.63 \pm 0.01^{b}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin
Values are mean ± standard deviation of three determinations
Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($p<0.05$).

تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب (WHC) در تیمارهای مختلف در گوشت چرخ‌شده ماهی شیر طی ۱۲ روز نگهداری در یخچال در جدول شماره ۵ آورده شده است.

ظرفیت نگهداری آب در زمان شروع دوره نگهداری برای تیمار شاهد گوشت چرخ شده معادل ۸۱/٦۷ درصد که پس از طی ۱۲ روز این میزان به ۵۰/٦۷ درصد رسید. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوریکه تیمارهای حاوی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین به دلیل قابلیت بالا در به دام انداختن مولکول‌های آب، ژل مستحکمی را تشکیل می‌دهند که مانع از انتقال اب به خارج می‌شوند [۳٦]. در نگاهی کلی به اعداد شاخص ظرفیت نگهداری آب مشخص میگردد که این شاخص یک روند نزولی در طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در در دمای ٤-۰ درجه سانتی‌گراد در یخچال دارد. تیمار T8، در بین تیمارهای دارای پوشش دارای بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب بوده است که علت این امر را به ساختار حفره‌ای بتاسیکلودکسترین و نیز ایجاد پیوند هیدروژنی بین آب و کیتوزان می‌توان مربوط دانست.

شمارش کلی باکتری های هوازی مزوفیل، طی زمان‌های مختلف نگه‌داری در شرایط دمای ٤-۰ درجه سانتی‌گراد در یخچال در جدول ۷ مشاهده می‌شود.

میکروارگانیسم‌ها از دلایل اصلی فساد مواد غذایی از جمله محصولات دریایی به شمار می‌روند.

**Table 5** Changes of WHC in different treatments during refrigerator storage

| Treatment | Day 1 | Day 3 | Day 6 | Day 9 | Day 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $81.67 \pm 0.58^{a}$ | $68.67 \pm 0.58^{a}$ | $65.33 \pm 0.58^{a}$ | $61.67 \pm 0.58^{a}$ | $50.67 \pm 0.58^{a}$ |
| T1 | $82.67 \pm 0.58^{ab}$ | $69.67 \pm 0.58^{ab}$ | $66.33 \pm 0.58^{ab}$ | $62.33 \pm 0.58^{ab}$ | $51.33 \pm 0.58^{b}$ |
| T2 | $83.33 \pm 0.58^{bc}$ | $70.67 \pm 0.58^{bc}$ | $67.33 \pm 0.58^{b}$ | $63.67 \pm 0.58^{bcd}$ | $52 \pm 0^{ab}$ |
| T3 | $83.33 \pm 0.58^{bc}$ | $70.67 \pm 0.58^{bc}$ | $66.67 \pm 0.58^{b}$ | $63 \pm 0^{bc}$ | $51.33 \pm 0.58^{ab}$ |
| T4 | $84.33 \pm 0.58^{cd}$ | $71.67 \pm 0.58^{cde}$ | $69 \pm 0^{d}$ | $64 \pm 0^{cd}$ | $53.67 \pm 0.58^{cd}$ |
| T5 | $84.33 \pm 0.58^{cd}$ | $72.33 \pm 0.58^{def}$ | $70.33 \pm 0.58^{e}$ | $64.33 \pm 0.58^{cde}$ | $55.67 \pm 0.58^{ef}$ |
| T6 | $83.67 \pm 0.58^{bc}$ | $71 \pm 0^{bcd}$ | $67.67 \pm 0.58^{bc}$ | $63.67 \pm 0.58^{bcd}$ | $52.67 \pm 0.58^{bc}$ |
| T7 | $84.67 \pm 0.58^{cd}$ | $72.67 \pm 0.58^{ef}$ | $70.67 \pm 0.58^{e}$ | $64.67 \pm 0.58^{de}$ | $56 \pm 0^{f}$ |
| T8 | $85.33 \pm 0.58^{d}$ | $73.33 \pm 0.58^{fg}$ | $71 \pm 0^{e}$ | $65.67 \pm 0.58^{e}$ | $59.67 \pm 0.58^{g}$ |
| T9 | $84.33 \pm 0.58^{cd}$ | $70.33 \pm 0.58^{bc}$ | $68.67 \pm 0.58^{cd}$ | $63.33 \pm 0.58^{bcd}$ | $54.33 \pm 0.58^{de}$ |
| T10 | $84.67 \pm 0.58^{cd}$ | $73.67 \pm 0.58^{fg}$ | $71.33 \pm 0.58^{e}$ | $64.67 \pm 0.58^{de}$ | $55.33 \pm 0.58^{ef}$ |
| T11 | $85.33 \pm 0.58^{d}$ | $74.33 \pm 0.58^{g}$ | $71.67 \pm 0.58^{e}$ | $64.67 \pm 0.58^{de}$ | $55.67 \pm 0.58^{ef}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin
Values are mean ± standard deviation of three determinations
Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($p<0.05$).

حد مجاز میزان بار باکتریایی کل برای مصارف انسانی ۷ log در هر گرم گزارش شده است [۳۷]. در این پژوهش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد مقدار TVC برای تمامی تیمارها تا روز ۹ام، از حد مجاز تجاوز نکرد. با افزایش زمان نگهداری میزان باکتری‌های مزوفیل افزایش پیدا کرده است که این میزان برای تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بوده است. براساس نتایج بدست آمده، بار باکتریایی کل در همه تیمارها با گذشت زمان بطور معنی‌داری افزایش یافت.

با توجه به جدول ۷، در روز اول اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود نداشته است. در روز سوم تیمار ۱۱ دارای کمترین میزان باکتری‌های مزوفیل بوده است در حالی که در روزهای ۱۲،۹،۶ تیمار ۸ کمترین میزان باکتری‌های مزوفیل را دارا بوده است که می‌توان به خاصیت ضد میکروبی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین مربوط دانست که از رسیدن مواد غذایی به غشا سلولی باکتری جلوگیری می‌کند. همچنین خاصیت آنیونی و کاتیونی بین کیتوزان و پوشش باکتریایی، باعث از بین رفتن غشا میکروبی می‌شود[۳۸].

در مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعه‌ای که توسط حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۰ انجام شد و در آن از کیتوزان و عصاره انگور برای افزایش کیفیت و ماندگاری گوشت مرغ استفاده گردید (۳۰)، مشخص گردید استفاده از کیتوزان و β-سیکلودکسترین عملکرد بهتری در کاهش TVC داشته است.

**Table 6** Changes of TVC in different treatments during refrigerator storage

| Treatment | Day 1 | Day 3 | Day 6 | Day 9 | Day 12 |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $2.95 \pm 0.01^{a}$ | $4.31 \pm 0.02^{e}$ | $4.84 \pm 0.04^{h}$ | $5.64 \pm 0.02^{i}$ | $7.83 \pm 0.04^{h}$ |
| T1 | $2.92 \pm 0.01^{a}$ | $4.25 \pm 0.01^{e}$ | $4.77 \pm 0.01^{g}$ | $5.59 \pm 0.01^{h}$ | $7.76 \pm 0.01^{g}$ |
| T2 | $2.89 \pm 0.01^{a}$ | $4.2 \pm 0.01^{de}$ | $4.7 \pm 0.01^{f}$ | $5.51 \pm 0.01^{fg}$ | $7.63 \pm 0.01^{f}$ |
| T3 | $2.92 \pm 0.01^{a}$ | $4.21 \pm 0.01^{de}$ | $4.73 \pm 0.01^{fg}$ | $5.55 \pm 0.01^{gh}$ | $7.72 \pm 0.01^{g}$ |
| T4 | $2.82 \pm 0.02^{a}$ | $4.14 \pm 0.01^{cde}$ | $4.59 \pm 0.03^{d}$ | $5.44 \pm 0.02^{e}$ | $7.56 \pm 0.01^{e}$ |
| T5 | $2.79 \pm 0.02^{a}$ | $4.03 \pm 0.01^{bcd}$ | $4.41 \pm 0.02^{c}$ | $5.25 \pm 0.01^{d}$ | $7.39 \pm 0.03^{d}$ |
| T6 | $4.87 \pm 3.46^{a}$ | $4.15 \pm 0.01^{cde}$ | $4.63 \pm 0.01^{e}$ | $5.47 \pm 0.01^{ef}$ | $7.58 \pm 0.01^{e}$ |
| T7 | $2.65 \pm 0.01^{a}$ | $4.04 \pm 0.01^{bcd}$ | $4.23 \pm 0.02^{b}$ | $5.15 \pm 0.01^{bc}$ | $7.24 \pm 0.02^{c}$ |
| T8 | $2.49 \pm 0.01^{a}$ | $3.89 \pm 0.03^{ab}$ | $4.14 \pm 0.02^{a}$ | $5.05 \pm 0.02^{a}$ | $7.11 \pm 0.01^{a}$ |
| T9 | $2.79 \pm 0.03^{a}$ | $4.02 \pm 0.02^{bcd}$ | $4.43 \pm 0.01^{c}$ | $5.18 \pm 0.06^{c}$ | $7.4 \pm 0.02^{d}$ |
| T10 | $2.41 \pm 0.02^{a}$ | $3.95 \pm 0.01^{abc}$ | $4.2 \pm 0.02^{b}$ | $5.12 \pm 0.01^{b}$ | $7.21 \pm 0.01^{bc}$ |
| T11 | $2.41 \pm 0.01^{a}$ | $3.8 \pm 0.26^{a}$ | $4.19 \pm 0.01^{b}$ | $5.12 \pm 0.01^{b}$ | $7.19 \pm 0.01^{b}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin
Values are mean ± standard deviation of three determinations
Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($p < .05$).

محتوای فلزات سنگین در نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با محلول آبی کیتوزان، بتاسیکلودکسترین و محلول‌های حاوی هر دو ماده در جدول شماره ۷ آورده شده است.

از نتایج مهم پایداری فلزات سنگین فراوانی زیستی زیاد در

زنجیره غذایی می باشد، به طوری که در نتیجه این فرایند، مقدار آن‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر مقدار آن‌ها که در آب یا هوا یافت میشوند، افزایش یابد. از مهمترین اثرات سوء ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین از جمله کادمیوم ایجاد بیماری ایتاایتا و تخریب کلیه، تخریب بافتهای بیضه می‌باشد. سرب باعث ایجاد اختلالات سیستمهای عصبی محیطی و مرکزی و نیکل موجب تغییردر خون و آنزیم وافزایش فشارهای روانی میگردد. جیوه پس از جذب در بدن به جیوه (II) اکسید می‌شود و به آسانی می‌تواند وارد سلول‌ها شود وآثار مخربی در بدن ایجاد نماید. این فلز بر روی سیستم عصبی به‌ویژه مخچه آثار زیانباری دارد، همچنین تاثیرات مخربی بر روی سیستم عصبی جنین و کودکان خردسال دارد [۳۹].

کیتوزان، پلی‌مر زیست تخریب‌پذیری با خاصیت آبدوستی است که به دلیل دارا بودن گروه‌های آمین و هیدروکسیل در ساختار خود به عنوان یک جاذب ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود [۱۵]. یون‌های فلزی متعددی به راحتی به این گروه‌ها متصل می‌شود و پس از کئوردینه شدن منجربه حذف این فلزات می‌شود. بتا سیکلودکسترین دارای ساختار مخروطی شکل با گروه‌های هیدروکسیل می‌باشد. این ترکیب نیز به دلیل ساختار حفره مانند خود قادر است با فلزات مختلف کئوردینه شود، از این‌رو به طور گسترده برای حذف فلزات سنگین به کار می‌رود [۴۰]. میزان فلز کادمیوم و سرب بر حسب استاندارد سازمان بهداشت جهانی، به ترتیب، ۰/۲و صفر ppm گزارش شده است. برای نیکل میزان خاصی برای حد استاندارد میزانی گزارش نشده است. حد مجاز قرار گرفتن در معرض جیوه بر اساس اعلام سازمان بهداشت جهانی و سازمان خواروبار جهانی ppm۰/۵–۱/۵ تعیین شده است [۴۱]. با توجه به سمیت بالای فلز جیوه و فراوانی آن، از روش‌های گوناگونی برای حذف این فلز سنگین از آب و مواد غذایی استفاده شده است [۴۲]. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود تیمارهای شست و شو داده شده با محلول‌های حاوی بتاسیکلودکسترین در مقایسه با کیتوزان در حذف فلزات سنگین موثرتر بوده‌اند که علت این امر را می‌توان به ساختار حفره مانند سیکلودکسترین مربوط دانست که یون‌های فلزات سنگین در داخل این حفره به دام میوفتند [۴۳]. جدول نتایج نشان می دهد در تیمارهای ۷ و ۸ برای فلز کادمیوم این میزان به استاندارد جهانی رسیده است در حالی که کمترین میزان سرب مشاهده شده ۰/۱۳۵ ppm بود که مربوط به تیمار ۸ می‌باشد. در تیمار شماره ۸ که شامل مقادیر مساوی از کیتوزان و بتاسیکلودکسترین (۱/۵: ۱/۵) می‌باشد به دلیل اثرات حفره‌ای ساختار بتاسیکلودکسترین در تشکیل کمپلکس با فلز و نیز توانایی کیتوزان در تشکیل کمپلکس‌هایی از گروه‌های آمینو و یون‌های فلزات سنگین، حذف موثری از فلزات سنگین مشاهده گردید.

**Table 7** Heavy metals content (ppm) in control and treated samples

| Treatment | Cadmium | Nickel | Lead | Mercury |
|---|---|---|---|---|
| Control | $0.239 \pm 0.002^{g}$ | $0.327 \pm 0.001^{b}$ | $0.215 \pm 0.001^{h}$ | $0.22 \pm 0.003^{f}$ |
| T1 | $0.238 \pm 0.001^{fg}$ | $0.323 \pm 0.001^{b}$ | $0.204 \pm 0.001^{g}$ | $0.224 \pm 0.013^{f}$ |
| T2 | $0.234 \pm 0^{f}$ | $0.321 \pm 0.001^{a}$ | $0.189 \pm 0.001^{e}$ | $0.192 \pm 0.001^{e}$ |
| T3 | $0.237 \pm 0^{fg}$ | $0.262 \pm 0.05^{b}$ | $0.197 \pm 0.001^{f}$ | $0.212 \pm 0.001^{f}$ |
| T4 | $0.229 \pm 0.001^{e}$ | $0.317 \pm 0.002^{b}$ | $0.155 \pm 0.004^{cd}$ | $0.162 \pm 0.002^{d}$ |
| T5 | $0.203 \pm 0.003^{c}$ | $0.302 \pm 0.001^{ab}$ | $0.150 \pm 0.001^{c}$ | $0.148 \pm 0.002^{bc}$ |
| T6 | $0.229 \pm 0.001^{e}$ | $0.317 \pm 0^{b}$ | $0.186 \pm 0.002^{e}$ | $0.185 \pm 0.001^{e}$ |
| T7 | $0.197 \pm 0.001^{b}$ | $0.295 \pm 0.001^{ab}$ | $0.143 \pm 0.002^{b}$ | $0.140 \pm 0^{ab}$ |
| T8 | $0.186 \pm 0.001^{a}$ | $0.286 \pm 0.002^{ab}$ | $0.135 \pm 0.001^{a}$ | $0.135 \pm 0.004^{a}$ |
| T9 | $0.215 \pm 0.004^{d}$ | $0.311 \pm 0.003^{b}$ | $0.157 \pm 0.004^{d}$ | $0.157 \pm 0.004^{cd}$ |
| T10 | $0.202 \pm 0.001^{c}$ | $0.301 \pm 0.001^{ab}$ | $0.155 \pm 0.001^{cd}$ | $0.14 \pm 0.001^{ab}$ |
| T11 | $0.201 \pm 0.001^{c}$ | $0.298 \pm 0.001^{ab}$ | $0.151 \pm 0.001^{c}$ | $0.136 \pm 0.001^{a}$ |

T1= CD 1%, T2= CD 1.5%, T3= CS 1%, T4= CS 1% + CD 1%, T5= CS 1% + CD 1.5%, T6= CS 1.5%, T7= CS 1.5% + CD 1%, T8= CS 1.5% + CD 1.5% , T9= CS 2%, T10= CS 2% + CD 1, T11= CS 2% + CD 1.5%
CS= Chitosan β-CD= β-Cyclodextrin
Values are mean ± standard deviation of three determinations
Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($p < .05$).

مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعاتی که توسط موسوی و همکاران بر روی ماهی کفشک (۱۱) انجام شده است نشان می‌دهد با توجه به تاثیر مرکب کیتوزان و β–سیکلودکسترین، مخلوط این دو ماده، عملکرد بهتری در حذف فلزات سنگین از

خود نشان داده است.

## ٤-نتیجه‌گیری

شست و شوی گوشت چرخ‌شده ماهی شیر با محلول‌های آبی کیتوزان و بتاسیکلودکسترین به طور معنی‌داری منجر به حفظ کیفیت گوشت چرخ‌شده از نظر ثبات اکسیداسیونی حین نگهداری در یخچال شده است که علت این امر را می‌توان به ویژگی آنتی اکسیدانی، ضد میکروب و باکتریایی این دو ترکیب مربوط دانست. همچنین استفاده از کیتوزان به دلیل ایجاد توانایی کیتوزان در تشکیل کمپلکس با فلزات و استفاده از بتاسیکلودکسترین به دلیل ساختار حفره مانند منجر به حذف فلزات سنگین از گوشت چرخ‌شده ماهی شیر گردید.

## ٥- منابع


[1] Salehi, H. 2006. An analysis of the consumer market for carp and carp products in Iran. *Iranian journal of fisheries sciences,* 5**,** 83-110.

[2] Lankarani, K. B., Alavian, S. M. & Peymani, P. 2013. Health in the Islamic Republic of Iran, challenges and progresses. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran,* 27**,** 42.

[3] Cardoso, C., Lourenço, H., Costa, S., Gonçalves, S. & Nunes, M. L. 2013. Survey into the seafood consumption preferences and patterns in the Portuguese population. Gender and regional variability. *Appetite,* 64**,** 20-31.

[4] Adeli, A. 2008. Principles of marketing and aquatics packaging. Binahayat publishing.

[5] Mashroofeh, A., Bakhtiari, A. R., Pourkazemi, M. & Rasouli, S. 2013. Bioaccumulation of Cd, Pb and Zn in the edible and inedible tissues of three sturgeon species in the Iranian coastline of the Caspian Sea. *Chemosphere,* 90**,** 573-580.

[6] Najm, M., Shokrzadeh, M., Fakhar, M., Sharif, M., Hosseini, S. M., Rahimiesboei, B. & Habibi, F. 2014. Concentration of heavy metals (Cd, Cr and Pb) in the tissues of Clupeonella cultriventris and Gasterosteus aculeatus from Babolsar coastal waters of Mazandaran Province, Caspian Sea. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences,* 24**,** 185-192.

[7] Rokni, N. 1999. Principle of the Food health. Tehran: Tehran University Press.

[8] Medina, I., Gallardo, J. M. & Aubourg, S. P. 2009. Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. *International journal of food science & technology,* 44**,** 1467-1479.

[9] Ruberto, G. & Baratta, M. T. 2000. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food chemistry,* 69**,** 167-174.

[10] Velioglu, Y., Mazza, G., Gao, L. & Oomah, B. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of agricultural and food chemistry,* 46**,** 4113-4117.

[11] Moosavi, S. M., Zakipour Rahimabadi, E. & Aein Jamshid, K. 2017. The effect of Sole mince washing by chitosan solution on heavy
metals removal and oxidation stability during refrigerator storage. *Journal of Food Science and Technology,* 14**,** 178-169.

[12] Rezaabad, M. K., Khodanazary, A. & Hosseini, S. M. 2019. The effect of film and coating of chitosan with vacuum packaging on quality characteristics of Spangled emperor (Lethrinus nebulousus) fillets stored at 4 ºC. Iranian Food Science and Technology Research, 15, 597-611.

[13] Piedrahíta Márquez, D. G., Fuenmayor, C. A. & Suarez Mahecha, H. 2019. Effect of chitosan-propolis edible coatings on stability of refrigerated cachama (Piaractus brachypomus) vacuum-packed fish fillets. Packaging Technology and Science, 32, 143-153.

[14] Milani, M. A., Dana, M. G., Ghanbarzadeh, B., Alizadeh, A. & Afshar, P. G. 2020. Effect of Gelatin/Hydroxypropyl-β-Cyclodextrin Bioactive Edible Coating Containing Nanoemulsion of Nettle Essential Oil on the Shelf Life of Turkey Meat. *Journal of Food Technology and Nutrition,* 17**,** 19-36.

[15] Upadhyay, U., Sreedhar, I., Singh, S. A., Patel, C. M. & Anitha, K. 2021. Recent advances in heavy metal removal by chitosan based adsorbents. *Carbohydrate Polymers,* 251**,** 117000.

[16] Liu, Q., Zhou, Y., Lu, J. & Zhou, Y. 2020. Novel cyclodextrin-based adsorbents for removing pollutants from wastewater: A critical review. *Chemosphere,* 241**,** 125043.

quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of agricultural and food chemistry,* 50**,** 5167-5178.

[30] Hassanzadeh, P., Tajik, H. & Rohani, M. R. 1390. Application of chitosan edible coating containing grape seed extract on the quality and shelf life of refrigerated chicken meat. *Journal of Food Research (AGRICULTURAL SCIENC),* 21**,** 465-460.

[31] Sallam, K. I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food control,* 18**,** 566-575.

[32] Mexis, S., Chouliara, E. & Kontominas, M. 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 C. *Food microbiology,* 26**,** 598-605.

[33] Cadun, A., Cakli, S. & Kisla, D. 2005. A study of marination of deepwater pink shrimp (Parapenaeus longirostris, Lucas, 1846) and its shelf life. *Food Chemistry,* 90**,** 53-59.

[34] Mohan, C., Ravishankar, C., Lalitha, K. & Gopal, T. S. 2012. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (Sardinella longiceps) during chilled storage. *Food Hydrocolloids,* 26**,** 167-174.

[35] Chamanara, V., Shabanpour, B., Khomeiri, M. & Gorgin, S. 2013. Shelf-life extension of fish samples by using enriched chitosan coating with thyme essential oil. *Journal of Aquatic Food Product Technology,* 22**,** 3-10.

[36] Miranda, J. C. D., Martins, T. E. A., Veiga, F. & Ferraz, H. G. 2011. Cyclodextrins and ternary complexes: technology to improve solubility of poorly soluble drugs. *Brazilian journal of pharmaceutical sciences,* 47**,** 665-681.

[37] Koutsoumanis, K., Lampropoulou, K. & Nychas, G.-J. E. 1999. Biogenic amines and sensory changes associated with the microbial flora of Mediterranean gilt-head sea bream (Sparus aurata) stored aerobically at 0, 8, and 15 C. *Journal of food protection,* 62**,** 398-402.

[38] Goy, R. C., Britto, D. D. & Assis, O. B. 2009. A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros,* 19**,** 241-247.

[39] Clarkson, T. W. 1993. Mercury: major issues in environmental health. *Environmental Health Perspectives,* 100**,** 31-38.

[17] Chawla, S., Kanatt, S. & Sharma, A. 2014. Chitosan, Polysaccharides. *Springer International Publishing***,** 1-24.

[18] Korma, S. A. 2016. Production, Application of. *Lipids,* 2**,** 5-10.

[19] Del Valle, E. M. 2004. Cyclodextrins and their uses: a review. *Process biochemistry,* 39**,** 1033-1046.

20. Abedi, E., Zolgharnein, H., Salari, M. & Qasemi, A. 2012. Genetic differentiation of narrow-barred Spanish mackerel (Scomberomorus commerson) stocks using microsatellite markers in Persian Gulf. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences,* 12**,** 1305-1310.

[21] Chemists, A. O. O. A. & Horwitz, W. 1975. *Official methods of analysis*, Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.

[22] Egan, H. kirk RS, Sawyer R (1981). *Chemical Analysis of Food. Churchill Livingstone, Edinburgh.*

[23] Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H. & Hosseini, S. M. H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry,* 120**,** 193-198.

[24] Postawa, A. 2012. *Best Practice Guide on Sampling and Monitoring of Metals in Drinking Water*, Iwa Publishing.

[25] Mohammad Zadeh, B. & Rezaei, M. 2013. Effect of polyphenoles green tea on microbial and chemical change rainbow trout (Oncorhynchus Mykiss) during storage ice. *IRANIAN JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY,* 10**,** 1-9.

[26] Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. & Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food chemistry,* 115**,** 66-70.

[27] Duan, J., Jiang, Y., Cherian, G. & Zhao, Y. 2010. Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (Ophiodon elongates) fillets. *Food chemistry,* 122**,** 1035-1042.

[28] W¹sowicz, E., Gramza, A., Hêœ, M., Jeleñ, H. H., Korczak, J., Ma³ecka, M., Mildner-Szkudlarz, S., Rudziñska, M., Samotyja, U. & Zawirska-Wojtasiak, R. 2004. Oxidation of lipids in food. *Pol J Food Nutr Sci,* 13**,** 87-100.

[29] Jeon, Y.-J., Kamil, J. Y. & Shahidi, F. 2002. Chitosan as an edible invisible film for

168**,** 1430-1436; bTuzen, M., Karaman, I., Citak, D. & Soylak, M. 2009. Mercury (II) and methyl mercury determinations in water and fish samples by using solid phase extraction and cold vapour atomic absorption spectrometry combination. *Food and Chemical Toxicology,* 47**,** 1648-1652.

[43] Haimhoffer, Á., Rusznyák, Á., Réti-Nagy, K., Vasvári, G., Váradi, J., Vecsernyés, M., Bácskay, I., Fehér, P., Ujhelyi, Z. & Fenyvesi, F. 2019. Cyclodextrins in drug delivery systems and their effects on biological barriers. *Scientia Pharmaceutica,* 87**,** 33.

[40] Kavitha, E., Rajesh, M. & Prabhakar, S. 2018. Removal and recovery of heavy metals from aqueous solution using β-cyclodextrin polymer and optimization of complexation conditions. *Health,* 6**,** 7.

[41] Organization, W. H. 1993. *Guidelines for drinking-water quality*, World Health Organization.

[42] Nanseu-Njiki, C. P., Tchamango, S. R., Ngom, P. C., Darchen, A. & Ngameni, E. 2009. Mercury (II) removal from water by electrocoagulation using aluminium and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials,*

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

# The effect of using chitosan and β-cyclodextrin on oxidation stability and removal of heavy metals in minced meat of (*Scomberomorus commerson*) during refrigeration

**Pishgahi, Z.[1], Mousavi Nadoshan, R. [2*], Mahasti Shotorbani , P. [3], Ghalandari, B. [4]**

1. Department of Marine Biology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of food science and technology, North tehran branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3. Department of Food Quality Control and Hygiene, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Department of Medical Nanotechnology, Applied Biophotonics Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**ARTICLE INFO**

**Article History:**

Received 2021/ 11/ 17
Accepted 2022/ 01/ 26

**Keywords:**

*Scomberomorus commerson*,
Chitosan,
Beta-cyclodextrin,
Minced meat of fish.

**DOI: 10.52547/fsct.19.123.105**

**DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.17.2**

*Corresponding Author E-Mail:
r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

**ABSTRACT**

Seafood contains compounds such as omega-3 fatty acids, fat-soluble vitamins, digestible proteins and micronutrients such as fluorine, calcium, iodine, copper, iron and zinc. Therefore, it is important to provide methods to increase the shelf life and also remove heavy metals from fish meat. In this study, using the biopolymers of chitosan (CS) and beta-cyclodextrin (β-CD), the oxidative stability of minced of commerson Scomberomorus fish during 12 days of refrigeration with chemical evaluations (acidity (pH), peroxide number (PV), and Thiobarbituric acid (TBA), water holding capacity (WHC)) and microbial (total microbial load count (TVC)) were studied. The ability of these two compounds to reduce the concentration of heavy metals during refrigeration was also investigated. According to the results, the use of CS and β-CD had a significant effect on the values of all indicators compared to the control treatment ($P < 0.05$). Therefore, it can be said that the use of CS and β-CD is effective in reducing the oxidation and growth of minced meat bacteria during storage in the refrigerator. The lowest pH value was observed in T8 and T11 treatments, the lowest PV value was observed in T8, T10 and T11 treatments, the lowest TBA value was observed in T7 treatment, the highest WHC value was observed in T8 treatment and the lowest TVC value was observed in T8 and T11 treatments. The use of CS and β-CD solutions also reduced the concentration of heavy metals in the minced meat of *S. commerson*, so that T8 treatment showed the best performance in reducing cadmium, lead and mercury and against nickel removal, different treatments had almost the same performance.