مقایسه تاثیر پوشش‌های کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز (*Camellia sinensis* L.) بر کیفیت ماهی گیش درخشان (*Carangoides coeruleopinnatus*) طی نگهداری در یخچال

حلیمه آلبوغبیش[1]، آی ناز خدانظری[1*]

[*]khodanazary@yahoo.com

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

چکیده

در این مطالعه، تاثیر پوششهای کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز (*Camellia sinensis* L.) برکیفیت ماهی گیش درخشان (*Carangoides coeruleopinnatus*) طی نگهداری در یخچال (۱±۴ °C) به مدت ۱۲ روز مورد سنجش قرار گرفتند. برای این منظور، فیله‌های ماهی گیش درخشان را در سه گروه به ترتیب محلول کیتوزان ۲% حاوی ۰/۵ % عصاره چای سبز ، نانوکیتوزان (کیتوزان ۲% و تری پلی فسفات ۲%) حاوی ۰/۵% عصاره چای سبز و محلول اسید استیک به عنوان نمونه شاهد غوطه‌ور شدند. اثر ضد میکروبی پوشش‌های کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز با شمارش باکتریهای مزوفیل هوازی و سرمادوست و خصوصیات فیزیکوشیمیایی شامل: pH، اندیس تیوباربیتوریک اسید (TBARS)، ارزیابی ترکیبات نیتروژنی فرار (TVB-N) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) ارزیابی شدند. ارزیابی حسی ماهی گیش درخشان توسط ۱۵ نفر با بررسی طعم، بو و پذیرش کلی در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹ و۱۲ صورت گرفت. نتایج فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی نشان داد که نمونه‌های حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در مقایسه با نمونه شاهد، در پایان دوره نگهداری به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بهتر بودند. مقادیر بازهای نیتروژنی، اسید چرب آزاد، تیوباربیتوریک اسید و pH در نمونه‌های حاوی پوشش‌های کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز به ترتیب برابر۲۰/۳۰، ۱۹/۴۰(mgN/100g)، ۱/۴۶، ۱/۰۵ (درصد اولئیک اسید) و ۰/۶۶، ۰/۴۲ (میلی‌گرم مالون آلدهید درکیلوگرم بافت ماهی) و ۷/۶۱، ۷/۴۹ بودند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که فیله‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد دارای امتیاز بالاتری بودند. هر دو پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز برای حفظ کیفیت فیله ماهی گیش درخشان موثر بودند. اگرچه، نانوکیتوزان فعالیت ضدمیکروبی و آنتی اکسیدانی بیشتری را نسبت به کیتوزان در طول دوره نگهداری نشان داد. بنابراین برای افزایش ماندگاری و به تاخیر انداختن فساد ماهی گیش درخشان در طول دوره نگهداری در یخچال پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز موثرتر است.

کلمات کلیدی: ماهی گیش درخشان،کیتوزان، نانوکیتوزان، عصاره چای سبز

* نویسنده مسئول

مقدمه

با توجه به تنوع روش‌های نگهداری مواد غذایی اعم از روشهای فیزیکی (سرما، حرارت، خشک‌کردن و...) و شیمیایی (نگهدارنده های شیمیایی) مختلف چه به صورت انفرادی و یا ترکیبی در صنایع غذایی، در سالیان اخیر استفاده از روشهای جدید بسته بندی و افزودنیهای طبیعی در مواد غذایی روز به روز رو به گسترش می‌باشد (فرهنگ فر و همکاران،۱۳۹۰). در این بین، فرآورده های تازه ماهی معمولانرخ فسادپذیری بالاتری نسبت به بسیاری از موادغذایی دارند.

امروزه استفاده از پوششهای خوراکی طبیعی مختلف به تنهایی و یا به عنوان حامل مواد فعال (مانند مواد ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها، موادمغذی، طعم‌دهنده‌ها، آنزیم‌ها و رنگ‌ها) در محصولات غذایی مختلف به عنوان موادی با خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی مورد توجه قرارگرفته است (Vásconez *et a*l., 2009; محمدی و همکاران، ۱۳۹۵; مطلبی و همکاران، ۱۳۹۵). کیتوزان، پلیمری کربوهیدراتی است که در نتیجه حذف گروه استیل از کیتین (ترکیب عمده پوسته سخت پوستانی مانند خرچنگ و میگو که پس از سلولز دومین بیوپلیمر فراوان در طبیعت می‌باشد)، بدست می‌آید (No *et al*., 2003). اثرات ضدمیکروبی، ضدسرطانی و کاهندگی کلسترول کیتوزان به اثبات رسیده است (No *et al*., 2003). استفاده از کیتوزان در مواد غذایی به ویژه به علل زیست سازگاری بالا، تجزیه زیستی و بی‌طعم بودن و غیره رو به افزایش میباشد (Jeon *et al*., 2002; No *et al*., 2007; Sathivel *et al*., 2007). همچنین خواص غیرسمی، زیست تخریب پذیر، آنتی اکسیدانی، ضدمیکروبی، نفوذ ناپذیری کیتوزان در برابر عبور اکسیژن گزارش شده است (Lopez-Caballero *et al*., 2005; Kim & Thomas, 2007; Kong *et al*., 2010; Ojagh *et al*., 2010; Domard, 2011). Nowzari و همکاران در سال (۲۰۱۳) مشاهده کردند که با به کارگیری پوشش کیتوزان-ژلاتین کاهش تولید اسیدهای چرب آزاد، رشد میکروبی و اکسیداسیون چربی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش می‌یابد. در مطالعه Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر پوشش کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین بر شاخص‌های میکروبی، شیمیایی و حسی ماهی قزل آلا طی نگهداری در سردخانه بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی آن‌ها نشان دادکه پوشش کیتوزان و اسانس خواص کیفی مطلوبی را همراه با افزایش زمان ماندگاری ماهی در یخچال نشان می‌دهد. نانوذرات از پلی‌مرهای طبیعی یا مصنوعی در دامنه اندازه ۱۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر ساخته شده‌اند (Kreuter, 2001). نانوذرات دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی یکنواخت به دلیل تاثیراتی مثل سایز کوانتوم (کوچکترین واحد از یک کمیت فیزیکی گسسته)، سایز ریز، تاثیر سطحی و تونل ماکروکوانتوم (ویژگیهای مکانیک کوانتومی وخاصیت دوگانگی موج-ذره درجسم) نشان میدهند. نانوکیتوزان یک ماده طبیعی با خصوصیات فیزیکوشیمیایی عالی میباشد. نانوکیتوزان میتواند در چندین روش از جمله ژلاتینه شدن بر پایه میان‌کنش الکتروستاتیک بین یون گروههای آمین‌کیتوزان و گروههای پلی آنیون مثل تری پلی فسفات تهیه شود (Bulmera *et al*., 2012). نانو ذرات کیتوزان پلی فسفات به طور اساسی به عنوان حامل رهایش کنترل شده دارو[1](سیستم آزاد سازی کنترل شده دارو) می‌باشد (Bulmera *et al*., 2012; Shahbazi *et al*., 2013). بنابراین فعالیت آنتی باکتریایی نانو ذرات کیتوزان همچنین گزارش شده است (Vladimir *et al*., 2003; Ratnaparkh & Chaudhari, 2011). مطالعه Ramezani و همکاران در سال (۲۰۱۵) در استفاده از نانو ذرات کیتوزان به عنوان پوشش خوراکی برای حفظ کیفیت فیله ماهی کپور نقره ای نگهداری شده در شرایط یخچال نشان دادکه هر دو پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان برای حفظ فیله در طول نگهداری در یخچال موثر بود. با این حال نانو کیتوزان فعالیت ضد میکروبی بالاتر از کیتوزان در طول نگهداری به نمایش گذاشت. علاوه بر این نانو کیتوزان توانایی قوی به مهار محتوی TVB-N از کیتوزان را نشان داد. همچنین فعالیت ضد میکروبی نانو ذرات کیتوزان بر علیه *Escherichia coil*، *Salmonella choleraesuis*، *Salmonella typhimurium* و *Staphylococcus aureus* توسط Qi و همکاران در سال (۲۰۰۴) مورد ارزیابی قرار گرفت که نشان داد نانو ذرات کیتوزان میتوانند از رشد انواع مختلفی از باکتریهای آزمایش شده جلوگیری کنند. علاوه براین فیلم‌ها، پوشش‌های کیتوزان و نانوکیتوزان میتوانند به عنوان وسیله‌ای برای ترکیب مواد طبیعی و شیمیایی مانند عوامل ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان ها، آنزیم‌ها یا مواد عملکردی مانند عصاره گیاه، پروبیوتیک، مواد معدنی یا ویتامین‌ها مورد استفاده قرار گیرند(Ojagh *et al*.,

[1] -Carrier controlled drug release

2010). به علت وجود مواد شیمیایی افزوده شده به مواد غذایی که به طور فزاینده‌ای برای سلامتی انسان خطر دارد. استفاده از عصاره‌های گیاهی و اسانس‌ها که در حفظ مواد غذایی و خواص آنتی میکروبی کاربرد دارند، در حال افزایش است. استفاده از ترکیب کیتوزان با عصاره گیاهی و روغن‌ها مانند روغن نخل خرما (Artharn *et al*., 2009)، پلی فنل چای (Li *et al*., 2012) و عصاره رزماری (Li *et al*., 2012) گسترش عمر مفید ماهی را نشان داد. در زمینه استفاده از آنتی اکسیدانهای طبیعی مطالعات مختلفی در مورد استفاده از عصاره چای سبز در تولید فراورده‌های شیلاتی صورت گرفته است (Lin & Lin, 2005; Ojagh *et al*., 2010; Nirmal & Benjakul, 2011, Rezaei *et al*., 2008). با توجه به اینکه گیش ماهیان (Carangidae) گروهی از ماهیان با ارزش اقتصادی میباشند و تقریبا در اکثر نقاط دنیا پراکنده اند، در ایران نیز تنوعی از آنها در دریای عمان و خلیج فارس مشاهده می‌شود. تاکنون حدود ۳۰ جنس و ۱۴۰ گونه گیش ماهی در جهان شناسایی شده است (Fishbase, 2004). از این تعداد انتشار ۴۸ گونه در آبهای خلیج فارس و ۴۳ گونه در دریای عمان گزارش شده که ۴۰ گونه از آنها در دو منطقه، مشترک می‌باشند (Carpenter *et al*., 1997) که از نظر شیلاتی حائز اهمیت می‌باشد و تمام گونه‌های آن ارزش غذایی برای انسان داشته و درصد بالایی از صید را تشکیل میدهند (منصورکیائی، ۱۳۸۸). لذا مطالعه حاضر تاثیر مقایسه‌ای پوششهای کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز بر کیفیت ماهی گیش درخشان (*Carangoides coeruleopinnatus*) طی نگهداری در یخچال(^{o}C ۱±۴) را بررسی نموده است.

مواد و روش‌کار

تهیه محلول کیتوزان: جهت تهیه محلول کیتوزان از روش (Chien *et al*., 2006) استفاده شد. در مطالعه حاضر ازکیتوزان تجاری[۱] با وزن مولکولی متوسط و ویسکوزیته ۲۰۰CP تا۸۰۰ استفاده گردید. جهت تهیه محلول کیتوزان، ۲ گرم کیتوزان را در ۱۰۰ cc محلول اسید استیک ۱درصد (حجمی/حجمی) حل نموده و جهت انحلال کامل و یکنواخت، محلول را در دمای اتاق و به مدت ۳ ساعت بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. سپس گلیسرول به میزان ۷۵% میلی لیتر به ازای هر گرم کیتوزان به عنوان پلاستی سایزر[۲] افزوده گردید. در نهایت فیلتر کاغذی واتمن شماره ۳ برای حذف ناخالصی-ها از محلول فوق استفاده گردید.

تشکیل نانو ذرات کیتوزان: نانوذرات کیتوزان با استفاده از روش ionic gelation بوسیله کیتوزان و تری پلی فسفات آماده شدند. براساس این روش کیتوزان با وزن مولکولی متوسط و ویسکوزیته ۲۰۰CP تا۸۰۰ در ۱۰۰ سی‌سی محلول اسید استیک ۱درصد (w/v) حل شد. محلول تری پلی فسفات ۲% تهیه شد و با یک عدد مگنت بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. ۴ میلی لیتر از محلول تری پلی فسفات را به ۱۰۰ میلی لیتر محلول کیتوزان که بر روی همزن مغناطیسی در حال هم زدن بود، افزوده شد و عمل هم زدن به به مدت ۶۰ دقیقه ادامه یافت. سپس محلول نانوکیتوزان به مدت ۱۰ دقیقه در kw۱/۵ در دستگاه sonication قرارداده شد. اندازه ذرات وپتانسیل ذرات توسط دستگاه 90 ZetasizerNano-ZS- اندازه‌گیری شد (Du *et al*., 2009).

تهیه عصاره چای سبز: چای سبز با نام علمی (*Camellia sinensis* L.) پرورش یافته در استان گیلان به صورت برگ خشک شده چای سبز (به روش کارخانه) از فروشگاه های زنجیره ای رفاه واقع در آبادان خریداری شد. عصاره چای سبز بر طبق روش Nirmal & Benjakul (2011) تهیه گردید. پودر چای سبز با کلروفرم به نسبت ۱ به ۲۰ (وزنی/حجمی) جهت حذف کلروفیل به مدت ۳۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی هم زده شدند. سپس مخلوط حاصل با کاغذ صافی شماره ۱ فیلتر گردیدند. ۲ گرم پودر چای سبز کلروفیل زدایی شده با ۸۰ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت مخلوط شدند. عصاره به دست آمده با کاغذ صافی شماره ۱ فیلتر شد. جهت جدا نمودن اتانول از عصاره چای سبز، عصاره فیلتر شده در روتاری (IKA, RV 3 V, Germany) بادمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شد. سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت قرارداده شدند تا خشک گردند. عصاره چای سبز در کیسه‌های پلی اتیلنی نگهداری و در دسیکاتور درتاریکی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان استفاده قرارگرفتند.

[۱]-Commercial chitosan

[۲]-Plasticizer

آماده سازی ماهی: نمونه ماهی گیش درخشان *Carangoides coeruleopinnatus* با وزن تقریبی ۵۰۰-۴۰۰ گرم و طول متوسط ۴۰ تا ۴۵ سانتی متر در پاییز سال ۱۳۹۵ از صیدگاه منطقه آزاد اروند استان خوزستان به صورت تازه خریداری و نمونه ماهی و یخ به نسبت ۱ به ۳ (وزنی/ وزنی) دورن جعبه‌های یونولیتی فورا به آزمایشگاه شیلات واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل شد. ماهی با آب سرد شستشو و پس از تخلیه شکمی و سر زنی، فیله‌های ۲۰۰ گرمی تهیه شدند و سپس شستشوی مجدد فیله ها انجام شد. تیمارها به روش (Jeon *et al*., 2002) با کمی تغییر به صورت زیر مشخص شدند:

۱-تیمارشاهد: فاقد پوشش کیتوزان و عصاره چای سبز

۲- تیمارهای پوشش محلول کیتوزان ۲ درصد و ۰/۵% عصاره چای سبز

۳- تیمار دارای پوشش محلول نانوکیتوزان ۲ درصد و ۰/۵% عصاره چای سبز

سپس در یخچال (۴±۱ ^{o}C) به مدت ۱۲ روز نگهداری و هر ۳ روز یک بار مورد ارزیابی فیزیکو شیمیایی، میکروبی و حسی قرارگرفتند. این آزمایش‌ها در ۳ تیمار و هر یک با سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری خواص کیفی چربی:

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید[1] (TBA): این شاخص بر طبق روش (Tarladgis *et al*., 1960) اندازه-گیری شد. برای این کار با افزودن ۹۷/۵ میلی لیترآب مقطر و ۲/۵ میلی لیتر اسید کلریدیک ۴ نرمال به ۱۰ گرم نمونه هموژن شده اندازه‌گیری شد. ۵ میلی لیتر از مایع حاصل از تقطیر این مخلوط به ۵ میلی‌لیتر معرف TBA (مرک آلمان)، (۰/۰۵۲ گرم معرف TBA+۱۸ سی‌سی اسید استیک گلاسیال) افزوده شده و به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن میزان جذب مایع صورتی حاصل در طول موج ۵۳۸ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر (ساخت شرکت یونیک امریکا uv-331) اندازه‌گیری شد. عدد جذب خوانده شده در ثابت ۷/۸ ضرب شد تا میزان تیوباربیتوریک اسید نمونه بدست آید (رابطه ۱). میزان تیوباربیتوریک اسید بصورت میلی گرم مالون آلدهید اکی والان بر کیلوگرم نمونه بیان شد.

$TBA=۷/۸\ Abs_{538}$

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

اندازه‌گیری بازهای ازته فرار (TVB-N[2]): اندازه-گیری بازهای ازته فرار به روش کلدال و با تیتراسیون عصاره بدست آمده از آن انجام گرفت. بدین منظور ۱۰ گرم گوشت نمونه به همراه ۲ گرم پودر منیزیم اکسید (MgO) با افزودن ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به بالن کلدال متصل شد و عصاره مورد نظر به محلول متشکل از اسید بوریک ۲% و ۱ تا ۲ قطره متیل رد به عنوان شاخص وارد شد. محلول زرد رنگ حاصله تا حاصل شدن رنگ ارغوانی با اسید سولفوریک تیتر شد. میزان بازهای ازته فرار طبق رابطه (۲) و برحسب میلی گرم نیتروژن در۱۰۰گرم نمونه ماهی بدست آمد (Parvaneh, 1998).

حجم اسید سولفوریک مصرفی × ۱۴= بازهای ازته فرار

اندازه گیری میزان اسید چرب آزاد (FFA[3]): میزان شاخص اسیدهای چرب آزاد با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه گوشت با کمک کلروفرم/متانول به روش (Egan *et al*., 1997) و تیتراسیون گروه‌های کربوکسیلیک آزاد موجود در آن با هیدروکسید سدیم صورت پذیرفت. کلروفرم، متانول و۲-پروپانول به نسبت ۲:۱:۲ به همراه معرف متاکروزول ارغوانی به عصاره استخراج شده اضافه شد و تیتراسیون تا تغییر رنگ از زرد به آبی ادامه یافت. این شاخص با قراردادن رابطه (۳) اندازه‌گیری شد. نتایج بصورت درصد اولئیک اسید[4] بیان شد.

$$FFA = \frac{N\times(V_2-V_1)\times 2/82}{W}$$

N= نرمالیته NaOH

V_2= میلی لیترNaOH مصرفی برای هر نمونه

میلی‌لیتر NaOH مصرفی برای هر نمونه شاهد (بلانک[5])=V_1

وزن چربی (گرم)=W

سنجش pH: جهت سنجش pH، ۵ گرم گوشت را به مدت ۱ دقیقه با ۴۵ سی‌سی آب مقطر همگن شده و میزان pH آن با دستگاه pH سنج (Metrohm) اندازه-گیری شد (Salam *et al*., 2007).

[1]-Thiobarbituric acid

[2]-Total volatie basic-nitrogen

[3]-Free Fatty Acids

[4]-Oleic acid

[5]-Blank

آنالیز میکروبی: بار باکتریایی نمونه‌ها با هموژن کردن ۱۰ گرم از نمونه گوشت فیله (که از بخش استریل زیرین بافت برداشته شده بود) در ۹۰ میلی لیترمحلول ۰/۹% کلرید سدیم در شرایط استریل آغاز شد. از این محلول جهت تهیه رقتهای متوالی و شمارش باکتریهای مورد نظر در محیط کشت و دمای مخصوص استفاده شد. ۱ میلی لیتر از هر رقت برای کشت باکتریها به روش پورپلیت[1]در محیط پلیت کانت آگار (PCA[2])، قرار گرفت. نمونه‌های کشت داده شده در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت برای شمارش بار باکتریهای مزوفیل و برای باکتریهای سایکروفیل به مدت ۷ روز دردمای ۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. شمارش کلنی‌ها بر مبنای $Log_{10}CFU\ /g$ بیان گردید (Sallam *et al*., 2007).

ارزیابی حسی: ارزیابی نمونه ها به صورت آزمون مصرف کننده گرا توسط ۱۵ نفر از ارزیاب آموزش دیده در گروههای سنی ۲۵ تا ۲۷ سال انجام شد. ۱/۵ درصد نمک به نمونه‌های ماهی اضافه گردید. نمونه های ماهی در داخل فویل آلومینیوم، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه سانتی‌گراد بخارپز شدند (Nirmal & Benjakul, 2011). طعم، بو و پذیرش کلی نمونه‌ها با مقیاس هدونیک (با اندکی تغییر) با این اصطلاحات توصیفی رتبه بندی شدند: طعم (۵،کاملا مطبوع و ۱، بوی فساد)؛ بو (۵،کاملا مطبوع و ۱، بوی فساد) و پذیرش کلی (۵، کاملا"مقبول و ۱، کاملا"نامقبول). نقطه بحرانی مقبولیت هر یک از ویژگی ها ۳ درنظر گرفته شد و پایین‌تر از آن به معنای رد خصوصیات حسی مورد نظر بود.

آنالیز آماری: تجزیه وتحلیل آماری داده‌های حاصل با نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف[3] از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA one way) در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵استفاده شد. همچنین به منظور بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات حسی نمونه‌ها از آزمون فریدمن[4] برای پیدا کردن اختلاف معنی‌دار در بین نتایج حاصل از آزمون‌های حسی تیمارهای مورد آزمایش استفاده گردید.

نتایج

تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید: نتایج اندازه گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA) در جدول ۱ مشاهده می‌شود. مقدار شاخص TBA در نمونه شاهد با گذشت زمان به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). کمترین میزان اندازه‌گیری شده، مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با نانو کیتوزان و عصاره می‌باشد (۰/۴۲ میلی گرم مالون آلدهید درکیلوگرم بافت ماهی). میزان TBA در روز صفر، در نمونه‌های تیمار در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ($p<0/05$) نشان نداد.

جدول ۱: تغییرات میزان تیوباربیوتیک اسید (TBARS) (میلی‌گرم مالون آلدهید درکیلوگرم بافت ماهی) تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 1: Changes of thiobarbituric acid (TBA) value (mg MDA/kg fish muscle) of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۰/۰۱۳±۰/۰۰^{Ca}	۰/۰۱۳±۰/۰۰^{Ca}	۰/۰۱۳±۰/۰۰^{Ca}
۳	۰/۰۲۹±۰/۰۰^{Ca}	۰/۰۲۷±۰/۰۰^{Cab}	۰/۰۲۶±۰/۰۰^{Cb}
۶	۰/۰۵۳±۰/۰۰^{Ca}	۰/۰۲۷±۰/۰۰^{Cb}	۰/۰۲۷±۰/۰۰^{Cb}
۹	۰/۱۹±۰/۰۲^{Ba}	۰/۱۵±۰/۰۰^{Bab}	۰/۱۱±۰/۰۰^{Bb}
۱۲	۱/۵۳±۰/۰۳^{Aa}	۰/۶۶±۰/۰۶^{Ab}	۰/۴۲±۰/۰۲^{Ac}

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

تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار: مجموع بازهای نیتروژنی فرار در نمونه شاهدو تیمارهای حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در طی زمان نگهداری در یخچال در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص TVB-N در طول زمان در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی پوشش غنی شده با عصاره چای سبز به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). با این حال میزان افزایش TVB-N در تیمارهای پوشش داده شده به طور قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد کندتر بود. در نمونه شاهد میزان TVB-N از ۱۰/۲۶ میلی گرم

1-کشت آمیخته
2-Plate count agar
3-Kolmogorov-smirnov-
4-Friedman

نیتروژن بر ۱۰۰ گرم نمونه در روز صفر به۲۶/۵۰ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم نمونه در روز ۱۲ افزایش یافت. مقایسه بین تیمارها نیز نشان دهنده این بود که میزان مجموعه باز های نیتروژنی در تیمار حاوی پوشش کیتوزان و نانو کیتوزان و عصاره چای سبز در ابتدای دوره نگهداری به ترتیب ۱۰/۲۶و۱۰/۰۰میلی گرم نیتروژن بر۱۰۰ گرم نمونه و در انتهای دوره۲۰/۳۰ و۱۹/۴۰ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم نمونه بود که میزان این شاخص در تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز کمتر بود.

جدول۲: تغییرات میزان مواد ازته فرار TVB-N (mg N/100g) برای تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال

Table 2: Changes of TVBN value (mg N/100g) of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۱۰/۲۶±۰/۱۱^{Da}	۱۰/۲۶±۰/۱۱^{Ba}	۱۰/۰۰±۰/۲۰^{Ca}
۳	۱۵/۲۰±۲/۹۳^{Ca}	۱۲/۷۶±۰/۹۰^{Bab}	۱۱/۲۶±۰/۳۰^{Cb}
۶	۱۹/۱۱±۰/۹۸^{Ba}	۱۴/۱۰±۰/۱۰^{BCb}	۱۳/۷۰±۰/۳۰^{Bb}
۹	۲۳/۰۵±۰/۶۵^{Aa}	۱۶/۱۰±۰/۹۰^{Bb}	۱۵/۴۰±۰/۶۰^{Bb}
۱۲	۲۶/۵۰±۱/۱۷^{Aa}	۲۰/۳۰±۲/۶۶^{Aab}	۱۹/۴۰±۲/۳۰^{Ab}

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

تغییرات میزان اسید چرب آزاد (FFA): میزان اولیه اسید چرب آزاد (FFA) در همه تیمارها از ۰/۳۱ تا ۰/۲۸ درصد اولئیک اسید متغیر بود. مقدار اسید چرب در نمونه شاهد و تیمارهای حاوی پوشش وعصاره به جز روز صفر در سایر زمان‌ها تفاوت معنی‌داری ($p<0/05$) نشان داد. میزان اسیدهای چرب آزاد در ۱۲روز در نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز به ترتیب ۱/۹۵، ۱/۴۶ و ۱/۰۵ درصد اولئیک اسید محاسبه شد.

جدول۳: تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد FFA (درصد اولئیک اسید) تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 3: Changes of FFA value (% oleic acid) of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۰/۳۱± ۰/۲۴^{Da}	۰/۲۵±۰/۳۷^{Da}	۰/۲۸±۰/۷۱^{Ca}
۳	۰/۴۶±۰/۹۵^{Da}	۰/۲۸±۰/۸۷^{Db}	۰/۴۲±۰/۰۴^{Cab}
۶	۰/۸۸±۰/۶۰^{Ca}	۰/۶۵±۰/۷۰^{Ca}	۰/۷۲±۱/۹۵^{Ba}
۹	۱/۳۲±۱/۶۹^{Ba}	۱/۰۳±۲/۲۸^{Bab}	۰/۸۷±۱/۴۳^{ABb}
۱۲	۱/۹۵±۳/۲۰^{Aa}	۱/۴۶±۰/۵۵^{Ab}	۱/۰۵±۱/۸^{Ab}

داده‌ها بر اساس میانگین± خطای استاندارد است. حروف کوچک مختلف در هر ردیف نشانه اختلاف معنی‌دار درتیمارها و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون وجود اختلاف معنی‌دار در زمان-های مختلف است.

تغییرات pH: تغییرات شاخص pH تیمارهای مختلف در جدول ۴ در طی نگهداری در یخچال مشاهده میشود. میزان pH در تیمارهای مختلف باگذشت زمان نگهداری افزایش یافت. در نمونه شاهد میزان آن از ۵/۳۵ در روز صفر به ۷/۸۹ در روز ۱۲ افزایش یافت. کمترین میزان pH متعلق به تیمار حاوی پوشش نانو کیتوزان و عصاره چای سبز، ۷/۴۹ بود.

جدول۴: تغییرات میزان pH تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 4: Changes of pH value of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۵/۳۵±۰/۰۴^{Ca}	۶/۰۴±۰/۵۶^{Ba}	۵/۳۰±۰/۱۴^{Ca}
۳	۷/۱۹±۰/۳۰^{Ba}	۷/۲۰±۰/۰۰^{Aa}	۶/۹۳±۰/۰۶^{Ba}
۶	۷/۱۴±۰/۱۰^{Ba}	۷/۱۳±۰/۱۹^{Aa}	۷/۰۱±۰/۰۲^{Ba}
۹	۷/۷۵±۰/۱۵^{Aa}	۷/۲۵±۰/۰۴^{Ab}	۷/۱۶±۰/۱۴^{ABb}
۱۲	۷/۸۹±۰/۰۰^{Aa}	۷/۶۱±۰/۱۴^{Ab}	۷/۴۹±۰/۰۹^{Ab}

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

ارزیابی تغییرات بار باکتری های مزوفیل هوازی: تغییرات بار باکتری‌های مزوفیل هوازی تیمارهای مختلف طی دوره نگهداری در یخچال در جدول ۶ مشاهده می-شود. میزان این شاخص در تیمارهای مختلف با گذشت زمان نگهداری در یخچال به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). در نمونه شاهد میزان آن از $Log_{10}CFU/g$ ۲/۹۳ در روز صفر به $Log_{10}CFU/g$ ۵/۱۱ در روز دوازدهم افزایش یافت. در آغاز دوره نگهداری میزان بار باکتریایی مزوفیل هوازی در نمونه‌های حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز به ترتیب $Log_{10}CFU/g$ ۲/۸۷ و $Log_{10}CFU/g$ ۲/۵۱ و در پایان دوره به ترتیب $Log_{10}CFU/g$ ۴/۱۴ و $Log_{10}CFU/g$ ۴/۱۰ بود. کمترین میزان بار باکتریایی مزوفیل هوازی متعلق به تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز بود.

جدول۵: تغییرات بار باکتری‌های مزوفیل هوازی ($Log_{10}CFU/g$) تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 5: Changes of aerobic mesophilic bacteria count ($Log_{10}CFU/g$) of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۲/۹۳ ±۰/۰۶^{Ea}	۲/۸۷±۰/۱۱^{Ea}	۲/۵۱±۰/۰۴^{Eb}
۳	۳/۴۸±۰/۰۱^{Da}	۳/۳۱±۰/۰۴^{Db}	۳/۱۷±۰/۰۴^{Dc}
۶	۳/۸۹±۰/۰۸^{Ca}	۳/۷۵±۰/۰۱^{Cb}	۳/۶۴±۰/۰۲^{Cc}
۹	۴/۲۲±۰/۰۲^{Ba}	۴/۰۲±۰/۰۰^{Bb}	۳/۹۳±۰/۰۲^{Bc}
۱۲	۵/۱۱±۰/۱۴^{Aa}	۴/۱۴±۰/۰۱^{Ab}	۴/۱۰±۰/۰۰^{Ab}

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

ارزیابی تغییرات بار باکتری های سرمادوست: تغییرات بار باکتری‌های سرمادوست کل تیمارهای مختلف طی دوره نگهداری در یخچال در جدول ۶ مشاهده می شود. در مطالعه حاضر شمارش اولیه باکتریهای سرمادوست در نمونه شاهد و تیمارهای حاوی پوشش کیتوزان ونانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز به ترتیب $Log_{10}CFU/g$ ۲/۹۰، $Log_{10}CFU/g$ ۲/۶۶ و $Log_{10}CFU/g$ ۲/۵۸ بود. در پایان دوره نگهداری در یخچال نمونه شاهد بیشترین بار باکتریایی سرمادوست را نشان می‌دهد.

جدول۶: نتایج شمارش بار باکتریایی سرمادوست ($Log_{10}CFU/g$) تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 6: Changes of psychrotrophic bacteria count ($Log_{10}CFU/g$) of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	شاهد	کیتوزان و عصاره چای سبز	نانوکیتوزان و عصاره چای سبز
۰	۲/۹۰±۰/۰۳^{Ea}	۲/۶۶±۰/۰۱^{Eb}	۲/۵۸±۰/۰۱^{Ec}
۳	۳/۰۳±۰/۰۶^{Da}	۲/۷۹±۰/۰۶^{Db}	۲/۷۹±۰/۰۸^{Db}
۶	۳/۳۷±۰/۰۳^{Ca}	۳/۳۷±۰/۰۶^{Ca}	۳/۲۹±۰/۰۱^{Ca}
۹	۳/۸۹±۰/۰۴^{Ba}	۳/۴۸±۰/۰۱^{Bb}	۳/۴۲±۰/۰۳^{Bb}
۱۲	۴/۴۳±۰/۰۹^{Aa}	۳/۷۷±۰/۰۳^{Ab}	۳/۷۰±۰/۰۰^{Ab}

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

بررسی خصوصیات حسی (بو، طعم و مقبولیت کلی): نتیجه ارزیابی حسی نمونه‌ها در جدول ۷ مشاهده می-شود. در روز صفر، همه نمونه‌ها امتیاز بالاتر از ۴ را نشان دادند و هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$). ویژگی‌های طعم، بو و پذیرش کلی تمامی تیمارها و نمونه شاهد با گذشت زمان کاسته شد. به طوری که امتیاز طعم و بو در نمونه شاهد در روز ۹ به امتیاز محدود کننده ۳ برای مصرف کننده رسیدند.

جدول۷: ارزیابی حسی تیمارهای مختلف ماهی گیش درخشان طی نگهداری در یخچال

Table 7: Sensory analysis of different treatments of Costal trevally fish during refrigerated storage

	۰	۳	۶	۹	۱۲
طعم					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۱۳±۰/۱۲^{a}	۳/۶۲±۰/۱۲^{a}	۲/۲۵±۰/۲۵^{a}	۱/۵۰±۰/۵۰^{a}
کیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۸۶±۰/۱۲^{b}	۴/۳۷±۰/۳۷^{b}	۳/۸۴±۰/۱۳^{b}	۳/۲۵±۰/۲۵^{b}
نانوکیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۸۶±۰/۱۲^{b}	۴/۵۰±۰/۲۵^{c}	۴/۱۲±۰/۳۷^{c}	۳/۷۵±۰/۲۵^{c}
بو					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۲۵ ±۰/۲۵^{a}	۳/۱۶±۰/۳۸^{a}	۲/۳۷±۰/۳۳^{a}	۱/۰۰±۰/۰۰^{a}
کیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۶۲±۰/۱۲^{b}	۴/۰۰±۰/۲۵^{b}	۳/۵۰± ۰/۵۰^{b}	۳/۰۰±۰/۲۵^{b}
نانوکیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۸۷±۰/۱۲^{c}	۴/۱۳±۰/۱۲^{c}	۳/۸۷±۰/۱۲^{c}	۳/۲۵±۰/۲۵^{c}
پذیرش کلی					
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۲۵±۰/۲۵^{a}	۳/۵۰±۰/۲۵^{a}	۲/۸۴±۰/۱۳^{a}	۱/۸۷±۰/۱۲^{a}
کیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۶۲±۰/۱۲^{c}	۴/۳۷±۰/۱۲^{b}	۳/۶۲±۰/۳۷^{b}	۳/۵۰±۰/۲۵^{b}
نانوکیتوزان و عصاره چای سبز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۵۸±۰/۳۸^{b}	۴/۶۲±۰/۱۲^{c}	۴/۱۳±۰/۱۲^{c}	۳/۷۰±۰/۰۷^{c}

داده ها بر اساس میانگین±انحراف معیار است. حروف کوچک مختلف در هر ستون نشانه اختلاف معنی‌دار در تیمارها است.

بحث

شاخص تیوباربیتیوریک اسید: به منظور ارزیابی درجه‌ی اکسیداسیون لیپید در ماه ها به طور وسیعی از شاخص TBA استفاده می‌شود که میزان محصولات ثانویه‌ی اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد (Lin & Lin, 2005). اکسیداسیون چربی‌ها بر اساس مقدار مالون دی آلدهید (MDA) است. مقدار این شاخص در حدود ۱-۲ میلی‌گرم مالون آلدهید در کیلوگرم نمونه (Goulas & Konotominas, 2007)، به عنوان حد محدود کننده قابلیت پذیرش برای مصرف کننده، به دلیل بو و طعم نامطلوب آن می‌باشد. پیشنهاد شده که حداکثر میزان قابل قبول تیوباربیتوریک اسید برای کیفیت مطلوب ماهی (منجمد، یخچال‌گذاری شده و یا نگهداری شده در یخ) ۵ میلی‌گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه است در حالی که تا ۸ میلی - گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه هم قابل مصرف است (Sallam, 2007). در پژوهش حاضر، میزان TBA در طی زمان نگهداری به طور معنی‌داری در نمونه‌ی شاهد نسبت به نمونه‌های تیمار افزایش یافت، به طوری که این مقدار در نمونه‌ی شاهد در پایان دوره‌ی نگهداری به ۱/۵میلی گرم مالون آلدهید در کیلوگرم بافت ماهی رسید که تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) را نسبت به تیمارهای حاوی پوشش نشان داد که میتواند ناشی از شکست وتجزیه مالون آلدهید به سایر مواد (آلدهیدها و کتون‌ها) باشد (Woyewoda *et al.*, 1986). نتایج Li و همکاران (۲۰۱۲) و Fan و همکاران (۲۰۰۹)، نیز موید نتایج این تحقیق که حاکی از اثر مثبت پوشش کیتوزان در ترکیب با عصاره گیاهی در افزایش خواص آنتی اکسیدانی و کاهش واکنشهای آنزیمی باکتریایی مرتبط با اکسیداسیون چربی می‌باشد. در مقایسه تیمارهای حاوی پوشش و عصاره چای سبز، تیمار پوشش داده شده با نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز میزان شاخص TBA کمتری را نشان داد. Zarei و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی که با عنوان اثرات پوششی عصاره پوست انار و پرتقال به همراه نانو کیتوزان برکیفیت فیله ماهی کپور نقره‌ای نگهداری شده در شرایط یخچال انجام دادند که کاهش میزان مواد واکنش دهنده با تیوباربیتوریک اسید و کاهش میزان اکسیداسیون چربیها را نشان دادند. اعتقاد بر این است که استفاده از نانوذرات کیتوزان باعث حفظ فعالیت آنتی اکسیدانی به وسیله اثر کلات‌های فلزات یونی و/ یا ترکیبی با چربی‌های گوشت در طول ذخیره سازی شود. زیرا با توجه به اندازه کوچک ذرات و سطح بالاتری در واحد حجم، نانو ذرات کیتوزان اثر کاهنده رادیکال‌های OH را نسبت به کیتوزان بهبود می‌بخشد (Zhang *et al.*, 2008). همچنین کاتکین وترکیبات دیگر موجود درعصاره چای سبز که دارای قدرت احیاکنندگی بالا، قابلیت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و فعالیت شلاته کنندگی فلزات می‌باشد (Nirmal & Benjakul, 2009). همچنین مطالعات Estaca و همکاران (۲۰۰۷)، No و همکاران (۲۰۰۷) و Kanatt و همکاران (۲۰۰۸)، در

ماهی ساردین، گوشت گاو ، بره و خوک به ترتیب گزارش کردند که نمونه‌های کیتوزان حاوی عصاره گیاهی نسبت به نمونه شاهد میزان TBA کمتری را در طول دوره نگهداری نشان دادند.

مجموع بازهای نیتروژنی فرار: TVB-N شامل تری متیل آمین تولید شده توسط فساد باکتریایی، دی متیل آمین تولید شده توسط آنزیم‌های اتولیتیک طی زمان نگهداری، آمونیاک تولید شده به وسیله دآمیناسیون اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها و سایر ترکیبات نیتروژن دار بازی فرار مرتبط با فساد محصولات دریایی است (Huss, 1995). میزان ۲۵ میلی گرم نیتروژن به ازای ۱۰۰گرم نمونه گوشت (Gimenez *et al*., 2002) به عنوان حداکثر میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت ماهی پیشنهاد شده است. شاخص TVB-N در طول زمان در نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی پوشش غنی شده با عصاره چای سبز به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) به طوری که در تیمار شاهد میزان بازهای نیتروژنی در انتهای دوره نگهداری از حد مجاز تجاوز کرد (۲۶/۵۰ mgN/100g). مقادیر بیشتر بار باکتریایی مشاهده شده در نمونه‌های شاهد می‌تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در آن‌ها باشد (Mohan *et al*., 2012). با این حال میزان افزایش TVB-N در تیمارهای پوشش داده شده به طور قابل توجهی نسبت به نمونه شاهد کندتر بود که دلیل آن می‌تواند به خواص آنتی میکروبی پوشش (Ojagh *et al*., 2010) و کاتکین عصاره چای سبزکه بصورت ماده ضدمیکروبی عمل کرده و بر میزان بازهای ازته فرارتاثیر می گذارد (Nirmal & Benjakul, 2011) باشد. میزان این شاخص در تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز کمتر بوده که میتواند به فعالیت آنتی میکروبیال بالای نانوکیتوزان در مقایسه با کیتوزان دانست به طوری که Ramezani و همکاران (۲۰۱۵) در تیمارهای پوشش داده شده با کیتوزان و نانوکیتوزان کپور نقره‌ای (*Hypophthalmicthys molitrix*) نتایج مشابهی را به دست آوردند.

اسیدهای چرب آزاد: اسیدهای چرب آزاد در نتیجه فساد آنزیمی و یا میکروبی چربی ایجاد میشوند. تشکیل اسیدهای چرب آزاد به تنهایی منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول نمی‌شود. اما از آنجا که اسیدهای چرب آزاد در مقایسه با تری‌گلیسریدها و فسفولیپیدها اندازه مولکولی کوچکتری دارند، سرعت اکسیداسیون آن‌ها بیشتر است. با تعیین اسیدهای چرب آزاد، اطلاعاتی از پایداری چربی در طی نگهداری به دست می آوریم (Losada *et al*., 2007). در این تحقیق میزان اسیدهای چرب آزاد درتمامی تیمارها در طول دوره نگهداری روند افزایشی معنی‌داری داشت و همچنین در طول دوره نگهداری، تیمار شاهد به طور معنی‌داری دارای بیشترین مقادیر عددی اسیدهای چرب آزاد در مقایسه با سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$) به طوری که مقادیر اسیدهای چرب آزاد در نمونه شاهد از ۰/۳۱ تا ۱/۹۵ (درصد اسید اولئیک) متغیر بود. حد مجاز مصرف انسانی برای اسیدهای چرب آزاد ۵ درصد اسید اولئیک (Kirk & Sawyer, 1991) پیشنهاد شده است. که در این تحقیق تا پایان دوره در حد قابل قبول بوده است. نتایج این تحقیق مشابه نتایج مطالعه اجاق و همکاران (۱۳۸۳) و Fan و همکاران (۲۰۰۸) و Fan و همکاران (۲۰۰۹) بود که علت را میتوان در تاثیر خاصیت آنتی اکسیدانی و نفوذ ناپذیری اکسیژنی پوشش و فعالیت شلاته کنندگی کاتچین عصاره چای سبز نسبت داد چرا که کاتچین به عنوان عامل شلاته کننده با پاره ای از فلزات پیوند یافته و لذا از رشد میکروبی جلوگیری می‌کند (Nirmal & Benjakul, 2011). میزان اسیدهای چرب در تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز نسبت به تیمار حاوی پوشش کیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در طول دوره نگهداری کمتر بود. کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد در تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز نسبت به تیمار حاوی پوشش کیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز را می‌توان به اثر ذرات نانو در کاهش روند اکسیداسیون و جلوگیری از دناتوره شدن پروتئین‌ها نسبت داد (Fan *et al*., 2008). افزایش میزان اسید چرب آزاد در طول دوره نگهداری در مطالعات دیگر نیز مشاهده شد. در مطالعه Ozyurt و همکاران (۲۰۰۹) میزان اسیدهای چرب آزاد طی مدت نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$).

تغییرات میزان pH: افزایش pH ممکن است ناشی از تولید ترکیبات پایه فرار از قبیل آمونیاک(آمونیاک + آمونیوم)، تری متیل آمین (TMA) در اثرعمل آنزیم‌های داخلی یا آنزیم‌های میکروبی باشد (Riebroy *et al*., 2007). در این تحقیق مقادیر pH در طی زمان نگهداری در همه تیمارها تغییر کرد به طوریکه میزان آن در روز صفر نگهداری در نمونه شاهد از ۵/۳۵ تا ۷/۸۹ در روز ۱۲

نگهداری افزایش یافت. روند تغییرات در تیمار شاهد شدت بیشتری داشت و این تیمار در انتهای دوره دارای pH بالاتری نسبت به سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). که مشابه با نتایج Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) و Li و همکاران (۲۰۱۲) می‌باشد. کاهش اولیه pH ممکن است ناشی از عدم حلالیت CO_2 در نمونه‌های ماهی باشد (Goulas & Kontominas, 2005). میزان pH در تیمار حاوی پوشش نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز نسبت به تیمار حاوی پوشش کیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در انتهای دوره مقادیر کمتری را نشان داد. در مطالعه Zarei و همکاران (۲۰۱۵) و Ramezani و همکاران (۲۰۱۵) نتایج مشابهی نشان دادند. فعالیت آنتی میکروبی نانو ذرات کیتوزان به نظر می‌رسد. مهارفعالیت باکتری‌ها وپروتئازهای درونی را کاهش دهد که به دنبال آن، تولید بازهای ازته فرار حاصل از آنزیم‌های میکروبی یا درونی خود ماهی کاهش پیدا کند (Chaijan *et al.*, 2005).

بار باکتریایی مزوفیل : میکروارگانیسم‌ها از دلایل اصلی فساد مواد غذایی از جمله محصولات شیلاتی به شمار می‌روند. حد مجاز میزان بار باکتریایی مزوفیل برای مصارف انسانی $Log_{10}CFU/g$ ۷ گزارش شده است (Koutsoumanis, 1999). در این پژوهش تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد در هیچ کدام از تیمارها از حد مجاز تجاوز نکرد و مقدار شاخص باکتری مزوفیل در همه تیمارها تا مقدار پایان دوره نگهداری قابل قبول بود. مقایسه بار باکتریایی مزوفیل هوازی وسرمادوست در فیله-های شاهد بالاتر از نمونه های حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز بود که به ترتیب ۵/۱۱ و$Log_{10}CFU/g$۴/۴۳ می‌باشد که علت آن ممکن است خاصیت آنتی‌میکروبی پوشش و ممانعت از رسیدن مواد غذایی نظیر مواد آمینی به غشای سلولی باکتری و اتصال ترکیبات فنولی عصاره چای سبز با پروتئین‌ها در دیواره سلول میکروارگانیسم‌ها که منجز به لیز شدن دیواره سلول می‌گردد، باشد (Nirmal & Benjakul, 2009). در مقایسه تیمارهای حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز تیمار نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در هر دو گروه باکتری های مزوفیل هوازی و سرمادوست مورد مطالعه در کل دوره، کمترین مقدار را نشان داد. علت آن می‌تواند فعالیت آنتی میکروبی گسترده نانوکیتوزان در برابر باکتری ها و قارچ ها نسبت داد. برخلاف کیتوزان و مشتقات آن، مطالعات درباره خواص آنتی‌میکروبی نانو ذرات کیتوزان هنوز هم محدود است (Qi *et al.*, 2004) به طور تجربی فعالیت ضد باکتری نانو ذرات کیتوزان در برابر اشرشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس و سالمونلا تیفی موریوم نسبت به کیتوزان را گزارش کردند که احتمالا به دلیل سطح بزرگتر نانو ذرات و میل ترکیبی بیشتر با سلول باکتری، که بازده اثر کوانتومی ذرات می‌باشد (Du *et al.*, 2008) گزارش کردند که نانو ذرات سدیم لود شده با یونهای مختلف فلزی فعالیت ضد میکروبی بالاتری را در برابر اشرشیاکلی، سالمونلا و استافیلوکوکوس اورئوس نشان دادند. Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) و Ramezani و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعات خود کاهش بار باکتریایی سطح گوشت ماهی را نشان دادند.

خصوصیات حسی(بو، طعم و مقبولیت کلی): ارزیابی حسی در نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی پوشش به علت اکسیداسیون چربی و رشد میکروبی علائم فساد را به صورت بو و طعم نامناسب نشان دادند. در نمونه‌های حاوی پوشش در روز ۱۲ نمره حسی کمتر ولی قابل قبولی داشتند و این مربوط به خصوصیات خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی پوشش و عصاره چای سبز میباشد. نتایج مشابهی توسط Fan و همکاران (۲۰۰۹)، Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) و Mohan و همکاران (۲۰۱۲) پیرامون خواص حسی نمونه‌های ماهی به وسیله پوشش خوراکی حاوی ترکیبات ضد میکروب و روغن های گیاهی ارائه شده است. در مقایسه تیمارهای حاوی پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در پایان دوره نگهداری در یخچال نمونه پوشش داده شده با نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز از امتیاز بالاتری برخورداربود. Zarei و همکاران (۲۰۱۵) و Ramezani و همکاران (۲۰۱۵) نتایج مشابهی را نشان دادند که میتوان به خصوصیات میکروبی و فیزیکو شیمیایی بالای ذرات نانوکیتوزان نسبت داد که باعث حفظ کیفیت و ماندگاری بیشتر نمونه ماهی می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، استفاده از کیتوزان و نانوکیتوزان غنی شده با عصاره چای سبز در پوشش فیله ماهی گیش درخشان سبب جلوگیری از افزایش عوامل تاثیر گذار در فساد شیمیایی آن می‌شود. مدت ماندگاری محصول از لحاظ عوامل شیمیایی مورد بررسی در این مطالعه به حداقل دو برابر زمان ماندگاری معمول که در شرایط نگهداری در دمای یخچال (۴درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳ روز تعیین شده، قابلیت افزایش دارد. هم چنین

نانوذرات کیتوزان به طور موثری تاثیرات مفید عصاره چای سبز از جمله خواص ضد میکروبی و فعالیتهای آنتی اکسیدانی آن را افزایش میدهد. لذا استفاده از نانوپوشش ها غنی شده با عصاره گیاهی میتواند به حفظ اسیدهای چرب ارزشمند موجود در چربی ماهی و کاهش آسیب لیپیدها طی زمان نگهداری به شکل موثری عمل نماید.

منابع

اجاق، م.، سحری، م.ع. و رضایی، م.، ۱۳۸۳. اثر آنتی اکسیدان‌های طبیعی بر کیفیت ماهی کیلکا معمولی، مجله علوم دریایی ایران، ۳: ۷-۱.

فرهنگ فر، ع.، تاجیک، ح.، رضوی روحانی، س.م.، مرادی، م. و علی اکبرلو، ج.، ۱۳۹۰. اثرات ترکیبی اسانس میخک و عصاره دانه انگور بر روی عوامل فساد باکتریایی پَتی گوشت گاومیش در دمای نگهداری ۸ درجه سانتی گراد. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۱: ۱۳۰-۱۱۳.

محمدی، م.، بهرامیان، س. و رخزادی، ا.، ۱۳۹۵. تاثیر پوشش کیتوزان و اسانس بنه (*Pistacia atlantica* subsp. kurdica) بر روند اکسیداسون چربی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری. مجله علمی شیلات ایران، ۳: ۲۷۹-۲۷۳.

مطلبی، ی.، اجاق، س.م. و سفری، ر.، ۱۳۹۵. اثر پوشش کیتوزان همراه با ناتامایسین بر کیفیت تخم ماهی سفید دریایی خزر (*Rutilus frisii kutum*) طی نگهداری در دمای یخچال. مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۱۲۰-۱۰۹.

منصورکیائی، آ.، ۱۳۸۸. کاربرد مورفومتری و خصوصیات مورفولوژی اتولیت در جداسازی گونه‌های خانواده‌ی گیش‌ماهیان (Carangidae) در خلیج فارس و دریای عمان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۲۰ صفحه.

Artharn, A., Prodpran, T. and Benjakul, S., 2009. Round scad protein-based film: Storage stability and its effectiveness for shelf–life extension of dried fish powder. LWT-Food Science and Technology, 42(7): 1238-1244.
DOI: 10.1016/j.lwt.2008.08.009

Bulmer, C., Margaritisa, A. and Xenocostas, A., 2012. Production and characterization of novel chitosan nanoparticles for controlled release of rHu-Erythropoietin, Biochemical Engineering Journal, pp: 61-69.
DOI: 10.1016/J.BEJ.2012.07.007

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Faustman, C., 2005. Changes of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. Food Chemistry, 93: 607-617.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.10.035

Carpenter, K.E., Harrison, P.l., Hodgson, G., Alsaffar A.H. and Ahazeem, S.H., 1997. The corals and coral reef Fishes of Kuwait, Kuwait Institute for Scientific research.

Po-Jung, C., Fuu, S. and Hung-Ren, L., 2006. Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas. Journal of Food Engineering, 36: 1-5. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.02.047

Du, W.L., Xu, Z.R.; Han, X.Y.; Xu, Y.L. and Miao, Z.G., 2009. Preparation, characterization and adsorption properties of chitosan nanoparticles for eosin Y as a model anionic dye. Journal of Hazardous Material, 153: 152-156.
DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.08.040

Domard, A., 2011. A perspective on 30 years research on chitin and chitosan. Carbohydrate Polymers, 84: 696-703. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.04.083

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1997. Pearson's chemical analysis of foods. 9th edition. Churchill Livingtone, Edingburgh, Scotland, UK. pp: 609-643.

Estaca, J.G., Montero, P., Gimenez, B. and Guillen, M.C.G., 2007. Effect of

Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy.

Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A. and Shahidi, F., 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 5167-5178. DOI: 10.1021/jf011693l

Kanatt, S.R., Chander, R. and Sharma, A., 2008. Chitosan and mint mixture: A new preservative for meat and meat products. Food Chemistry, 107: 845–852. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.08.088

Kim, K.W. and Thomas, R.L., 2007. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. Food Chemistry, 101: 308-313. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.038

Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1991. Pearsons chemical analysis of foods. (9th Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK.

Kong, M., Chen, X.G., Xing, K. and Park, H.J., 2010. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. International Journal of Food Microbiology, 144: 51-63. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.09.012

Kreuter, J., 2001. Nanoparticulate systems for brain delivery of drugs. Advanced Drug Delivery Reviews, 47: 65-81. DOI: 10.1016/S0169-409X(00)00122-8

Koutsoumanis, K., Lambropoulou, K. and 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. DOI: 10.4315/0362-028X-62.4.398

functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). Food Chemistry, 105: 511–520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.006

Fan, W., Chi, Y. and Zhang, S., 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. Food Chemistry, 108: 148-53. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.057

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y., 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. Food Chemistry, 115: 66-70. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.11.060

Fishbase., 2004. www. fishbase.org

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. Food Chemistry, 100: 287-296. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.045

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. Food Chemistry, 93: 511-520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.045

Gimenez, B., Roncales, P. and Beltran, J.A., 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 1154–1159. DOI: 10.1002/jsfa.1136

Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper No. 348, Food and

Li, T., Hu,W., Li, J., Zhang, X., Zhu, J. and 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: 101-106. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.10.029

Lin, C.C. and Lin, C.S., 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. Food Control, 16: 169-175. DOI: 10.1016/j.foodcont.2004.01.007

Losada, V., Barros-Velazquez, J. and Aubourg, S.P., 2007. Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. Learning with Technologies, 40: 991–999.

Lopez-Caballero, M.E., Gomez-Guillen, M.C., Perez-Mateos, M. and Montero, P., 2005. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. Food Hydrocolloids, 19: 303–311. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.06.006

Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V. and Srinivasa Gopal, T.K., 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. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.05.005

No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. and Xu, Z., 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. Journal of Food Science, 72: 87-100. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x

No, H.K., Lee, S.H., Park, N.Y. and Meyers, S.P., 2003. Comparison of physicochemical, binding, and antibacterial properties of chitosans prepared without and with deproteinization process. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 7659-7663. DOI: 10.1021/jf030226w

Nirmal, N.P. and Benjakul, S., 2011. Retardation of quality changes of Pacific White shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. International Journal of Food Microbiology, 149: 247- 253. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.002

Nirmal, N.P. and Benjakul, S., 2009. Melanosis and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) treated with catechin during iced storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57, 3578–3586. DOI: 10.1021/jf900051e

Nowzari, F., Shabanpour, B. and Ojagh, S.M., 2013. Comparison of chitosan-gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry, 114: 1667-1672. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.03.022

Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry, 120: 193-8. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006

Ozyurt, G., Kuley, E., Ozkutuk, S. and Ozogul, F., 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet *(Mullus barbatus*) and gold band goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Food Chemistry, 114: 505–10. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.09.078

Parvaneh, V., 1998. Quality control and the chemical analysis of food. Tehran University Press, 325P.

Qi, L., Xu, Z., Jiang, X., Hu, C. and Zou X., 2004. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. Carbohydrate Research, 339: 2693-2700.
DOI: 10.1016/j.carres.2004.09.007

Ramezani, Z., Zarei, M. and Raminnejad, N., 2015. Comparing the effectiveness of chitosan and nanochitosan coating on the quality of refrigerated silver carp fillets. Food Control, 51: 43-48.
DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.11.015

Ratnaparkhi, M.P. and Chaudhari, S.P., 2011. Peptide and protein in pharmaceuticals, International Journal of current Pharmaceutical Research, pp: 1-9.

Rezaei, M., Hosseini, S.F., Ershad Langrudi, H., Safari, R. and Hosseini, S.V., 2008. Effect of delayed icing on quality changes of iced rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*). Food Chemistry. 106: 1161-1165.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.052

Riebroy S., Benjakul S., Visessanguan W. and Tanaka M., 2007. Effect of ice storage of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) on the chemical composition, Properties and acceptability of Som – fug, a fermented Thai fish mince. Food Chemistry. 102: 270-280.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.05.017

Shahbazi, M.A., Hamidi, M. and Mohammadi-Samani, S., 2013. Preparation, optimization, and in-vitro/in-vivo/ex-vivo characterization of chitosan-heparin nanoparticles: drug-induced gelation, Journal of Pharmacy and pharmacology, 65: 1118–1133.
DOI: 10.1111/jphp.12076

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.
DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.02.002

Sathivel, S., Liu, Q., Huang J. and Prinyawiwatkul, W., 2007. Influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. Journal of Food Engineering, 83: 366-373.
DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.03.009

Tarladgis, B.G., Watts, B.M. and Younathan, M.T., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. The Journal of the American Oil Chemists Society, 37: 44-48.
DOI: 10.1007/BF02630824

Vásconez, M.B., Flores, S.K., Campos, C.A., Alvarado, J. and Gerschenson, N., 2009. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. Food Research International, 42: 762-769.
DOI: 10.1016/j.foodres.2009.02.026

Vladimir, P., Torchilin, Anatily, N. and Lukyaanov, V., 2003. Peptid and protein and drug delivery to and into tumors: challenges and solutions, therapeutic focus, pp: 252-273.

Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J. and Burns, B.G., 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian technical report of fish and aquatic science 1448P.

Zarei, M., Ramezani, Z., Ein-Tavasoly, S. and Chadorbaf, M., 2015. Coating effects of orange and pomegranate peel extracts combined with chitosan nanoparticles on

the quality of refrigerated silver carp fillets. Journal of Food Processing and Preservation. 39: 2180-2187. DOI: 10.1111/jfpp.12462

Zhang, Y., Yang, Y., Tang, K., Hu, X. and Zou, G., 2008. Physicochemical characterization and antioxidant activity of quercetin-loaded chitosan nanoparticles. Journal of Applied Polymer Science, 107: 891–897. DOI:10.1002/app.26402

Comparative effects of chitosan and nanochitosan coatings enriched with green tea (*Camellia sinensis* L.) extract on quality of Costal trevally fish (*Carangoides coeruleopinnatus*) during refrigerated storage

Alboghbeish H.[1]; Khodanazary A.[1*]

[*] khodanazary@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

Abstract

In this study, comparative effects of chitosan and nanochitosan coatings enriched with green tea extract were analyzed on quality of Costal trevally fish (*Carangoides coeruleopinnatus*) during refrigerated (4±1 ºC) storage at 12 days. For this purpose, the costal trevally fillets were coated into three groups, 2% chitosan solution containing 0.5% green tea extract, nanochitosan (2% chitosan, 2% polyphosphate) containing 0.5% green tea extract and acetic acid solution as control sample. Antimicrobial effect of chitosan and nanochitosan coatings enriched with green tea extract was evaluated by count of aerobic mesophilic bacteria and psychrophilic bacteria, physicochemical properties including pH, TBARS, TVBN and FFA. Sensory evaluation determined by 15 persons who asked to evaluate the flavor, odor, overall acceptability of samples in days 0, 3, 6, 9, 12. The results of physicochemical and bacterial analysis showed that samples treated with chitosan and nanochitosan coatings enriched with green tea extract were lower changes compared to control group. TVB-N, FFA, TBA and pH content in the samples of chitosan and nanochitosan coatings enriched with green tea extract were 20.30, 19.40 mgN/100g, 1.46, 1.05 % Oleic acid and 0.66, 0.42 mg MDA/kg and 7.61, 7.49, respectively. The results of sensory characteristics were showed that treated fillets had high score compared to control samples. Both chitosan and nanochitosan coatings were effective for the preservation of costa trevally fillets during refrigerated storage. However, nanochitosan exhibited higher antimicrobial and antioxidant activity than chitosan during the storage period. Therefore, to extend the shelf life and delay the deterioration of fresh costal trevally fillets during refrigerated storage, nanochitosan coating is more effective.

Keywords: Costal trevally, Chitosan, Nanochitosan, Green tea extract

*Corresponding author