بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵
http://japu.gau.ac.ir

بهبود کیفیت تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) منجمد شده با استفاده از کیتوزان و عصاره سیر و لیمو

مریم احمدی[۱]، *علیرضا عالیشاهی[۲]، سید مهدی اجاق[۲] و حجت میرصادقی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشجوی دکتری فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶

چکیده

در این مطالعه تاثیر نمک ۱ درصد به همراه عصاره ترکیبی سیر و لیمو ۱/۵ درصد و محلول کیتوزان ۱ درصد بر روی کیفیت تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی شش ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد بررسی شد. آزمایش‌های شیمیایی شامل اندازه‌گیری pH، شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)، پروتئین، میزان چربی کل و ارزیابی حسی در طی یک دوره ۱۸۰ روزه طی روزهای (۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰) انجام گردید. اکسیداسیون لیپیدها در نمونه‌های تیمار شده با عصاره و کیتوزان به تعویق افتاد. میزان چربی و پروتئین در تمام تیمارها در طول دوره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq ۰/۰۵$). pH در تیمارهای عصاره و کیتوزان اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد. نتایج نشان داد که استفاده از عصاره سیر و لیمو و کیتوزان توانست فساد اکسیداسیونی را در تخم‌های منجمد به تعویق بیاندازد و باعث افزایش ماندگاری شود.

واژه‌های کلیدی: تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان، عصاره سیر و لیمو، کیتوزان

*مسئول مکاتبه: alishahi@gau.ac.ir

مقدمه

انسان‌ها نسبت به ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی آگاهی دارند و به دنبال راه‌هایی برای حفظ سلامتی خود هستند. غذاهای دریایی منجمله تخم‌ماهی از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (اینانلی و همکاران ۲۰۱۰) تخم‌ماهی عمدتاً شامل انواع پروتئین‌ها، مقادیر زیادی اسیدهای چرب غیراشباع ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید می‌باشد. این اسیدهای چرب نقش مهمی در جلوگیری و درمان بیماری‌های قلبی و بهبود قدرت یادگیری دارند. علاوه‌بر این تخم ماهی دارای درصد بالایی از فسفاتیدیل کولین است که خود نیز در بهبود کارایی مغز و کاهش پلاسمای لیپیدها مؤثر است. تخم ماهی در سراسر جهان مصرف می‌شود (شیرای و همکاران، ۲۰۰۶، امیری مجازی و رضایی توابع، ۲۰۱۰) و شناخته شده‌ترین و با ارزش‌ترین نوع آن، تخم استحصال شده از ماهیان خاویاری دریای خزر است (بلدسو و همکاران، ۲۰۰۳). کاهش دسترسی به ماهیان خاویاری دریای خزر باعث توجه بیشتر به تولید خاویار از سایر گونه‌های ماهیان دریایی و آب شیرین شامل ماهی کاپلین، کفال، لامپ‌فیش، روغن‌ماهی، شاه‌ماهی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، هالیبوت، ماهی‌سفید، کپور،پرنده‌ماهی و بسیاری از گونه‌های دیگر شده است (امیری مجازی و رضایی توابع، ۲۰۱۰) امروزه قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مهمترین ماهیان پرورشی تجاری است بنابراین استحصال خاویار از قزل‌آلای رنگین‌کمان و تعیین زمان ماندگاری آن در تکنولوژی شیلات می‌تواند حائز اهمیت باشد (اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰) با توجه به این‌که ایران در جایگاه سوم پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان قرار دارد (عادلی و بقایی، ۲۰۱۳) پرورش‌دهندگان این ماهی در زمان تکثیر پیش مولدینی دارند که تخم‌های استحصالی از آن‌ها به‌دلیل پایین بودن بازده لقاح دور ریخته می‌شوند و در مواردی با تخم‌های رسیده مازاد مواجه هستند که می‌توانند با عمل‌آوری از آن‌ها تخم نمک‌سود تولید کنند (صادقی، ۲۰۰۱) اما از مهم‌ترین معایب این روش نگهداری غلظت بالای نمک مورد استفاده می‌باشد. برای کاهش میزان نمک با توجه به تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات تخم‌ماهی با میزان نمک کمتر نیاز به استفاده از روش‌های دیگر نگهداری مثل افزودن نگهدارنده می‌باشد (مجازی امیری و رضایی توابع، ۲۰۱۰) انجماد یکی از روش‌های متداول در نگهداری موادغذایی است که به‌منظور کنترل یا کاهش تغییرات بیوشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما به هر حال این روش نمی‌تواند به طور کامل واکنش‌های شیمیایی را متوقف سازد و در نتیجه حتی کیفیت محصول طی نگهداری به صورت منجمد نیز کاهش می‌یابد. (خانه‌دان، ۲۰۱۱) مواد نگه‌دارنده برای حفاظت و نگه‌داری

محصولات گران قیمت و فاسد شدنی مانند تخم‌ماهی به‌علت دارا بودن پروتئین و چربی بالا، بسیار مهم است فساد این ترکیبات باعث ایجاد بوی نامطبوع، تغییرات نامطلوب در طعم و ساختمان مواد مغذی، کاهش ارزش غذایی محصول و ایجاد خطرات جدی در سلامت غذایی مصرف‌کننده می‌شود. بنابراین کنترل دمای ذخیره‌سازی، میزان نمک مصرفی و استفاده از نگه‌دارنده‌ای مناسب با فعالیت ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی به‌منظور حفظ کیفیت، افزایش عمر ماندگاری و در عین حال جلوگیری از ضررهای اقتصادی، ضروری و مفید می‌باشد (مجازی امیری و رضایی توابع، ۲۰۱۰). اضافه کردن آنتی‌اکسیدان به مواد غذایی یکی از مؤثرترین شیوه‌های کاهش سرعت اکسایش چربی‌هاست. اثرات نامطلوب آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی از جمله جهش‌زایی، ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی و همچنین تأثیر یکسان آن با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، سبب شده است که امروزه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی مورد توجه بیشتری قرار گیرد (ساکاناکا و همکاران، ۲۰۰٤) عصاره‌های گیاهی یکی از منابع خوب آنتی‌اکسیدانی و مواد ضدمیکروبی هستند (پزشک و همکاران، ۲۰۱۲). سیر از خانواده الیاسه می‌باشد که به‌دلیل وجود ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی، آلیسین و آرگانوسولفوره دارای خواص ضداکسیدانی و ضد میکروبی است (ین و چن، ۲۰۰۳؛ بقالیان و همکاران، ۲۰۰۵). لیمو از خانواده روتازآ که حاوی ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی که دارای اثر ضدباکتری، ضدقارچی و ضدسرطانی و همچنین ضد اکسیداسیونی بالا بوده (ماروتی و همکاران، ۲۰۱۱) کیتوزان، به‌عنوان بیوپلیمری با کاربرد وسیع در صنایع غذایی شناخته شده است و فراوان‌ترین پلیمر طبیعی پس از سلولز است. کیتوزان از کیتین (موجود در اسکلت خارجی بندپایان مانند حشرات، خرچنگ‌ها، میگوها، لابسترها و دیواره سلولی نوع خاصی از جلبک‌ها)، تولید می‌شود (ساتیول و همکاران، ۲۰۰۸؛ شهیدی و همکاران، ۱۹۹۹). کیتوزان دارای ویژگی‌های ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، تشکیل فیلم‌ها و پوشش‌های محافظ بافتی، خاصیت اتصال و پیوند با بیوپلیمرهای دیگر و فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (کابالرو و همکاران، ۲۰۰۵). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تاثیر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی صورت گرفته است. تاثیر فعالیت ضدمیکروبی عصاره لیمو که بر روی محیط کشت صورت گرفته است (ماریوتی و همکاران، ۲۰۱۱) تاثیر عصاره موسیر و زردچوبه بر زمان ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (پزشک و همکاران، ۲۰۱۲) تاثیر اسانس دارچین و پوشش کیتوزانی را در افزایش ماندگاری فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال (اجاق و همکاران، ۲۰۱۰) عصاره رزماری بر ماندگاری میگوی صورتی و قزل‌آلای رنگین‌کمان (فورمنک و همکاران، ۲۰۰۳؛

اعتمادی و همکاران، ۲۰۰۸) تأثیر پودر آویشن بر تغییرات کیفی فیله‌های باس دریایی نگهداری شده در یخ (آتوچی و سادوک، ۲۰۱۰) تأثیر عصاره سیر و لیمو بر کیفیت و ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵) انجام شده است. نگهداری تخم ماهی قزل‌آلا با کیفیت بالا جهت عمل‌آوری خارج از فصل صید فواید اقتصادی بالایی به همراه خواهد داشت لذا مطالعه حاضر با هدف افزایش زمان ماندگاری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده ازکیتوزان و عصاره ترکیبی سیر و لیمو و نگهداری آن به صورت منجمد طراحی شده است.

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری: در تهیه عصاره‌ها از روش بکری و داگلاس (۲۰۰۵) و پارک و چین (۲۰۱۰) استفاده شد. بدین ترتیب که ۲۰۰ گرم سیر پوست کنده و ۲۰۰ گرم لیمو کامل بدون هسته پس از شستشو و توزین در ٤۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر توسط آسیاب برقی کاملاً مخلوط شد. این مخلوط به‌مدت ۲۰ دقیقه با دور ٦۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. مایع رویی حاصله، با فیلتر واتمن شماره یک صاف شد. مایع صاف شده پس از ۱۲ ساعت نگهداری در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد، توسط دستگاه خشک کن انجمادی (فریزد رایر) به مدت ٢٤ ساعت خشک گردید. عصاره تا زمان مصرف در یخچال نگهداری شد.

آماده‌سازی تخم و تیمار کردن نمونه‌ها: در زمان تکثیر تخم‌های نارس و رسیده مازاد از ماهیان ماده برداشت شد و به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی گرگان منتقل شد. ابتدا تخم ماهی با آب جوشیده با دمای ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد حاوی ۱/۵ درصد نمک خالص (میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵) به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه شستشو داده شد سپس آب مازاد طی انتقال تخم شسته شده روی الک مویی بهداشتی خارج گردید. پس از طی این مراحل تخم‌ها به چهار قسمت مساوی تقسیم شد که تخم خام فاقد نگهدارنده و نمک به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد، سایر تیمارها حاوی ۱/۵ درصد عصاره سیر و لیمو، ۱ درصد کیتوزان، و ۱ درصد نمک بودند. تخم‌ها در پایان فرآوری در قوطی‌های پلی‌اتیلنی ۵۰ گرمی منتقل گردیدند و به‌جز نمونه‌های زمان صفر باقی نمونه‌ها برای شش ماه نگهداری به فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد انتقال یافت. آزمایش‌های مربوطه در سه تکرار طی روزهای ۰، ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری pH: ۲ گرم نمونه با ۱۰ سی‌سی آب مقطر به‌مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه هموژن شده سپس با دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (AOAC، ۱۹۹۰)

اندازه‌گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA): ۰/۲ گرم نمونه از هر تیمار به بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری انتقال یافته و با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد. سپس بالن‌ها به مدت ۱ دقیقه هم زده شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله‌های خشک درب‌دار منتقل شده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف تیوباربیتوریک‌اسید (معرف از حل کردن ۰/۲ گرم پودر تیوباربیتوریک‌اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانول تهیه می‌شود) اضافه گردید. لوله‌های درب‌دار به همرا لوله شاهد در بن‌ماری با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه، جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل محلول شاهد در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. مقدار تیوباربیتوریک‌اسید بر حسب میلی‌گرم مالون‌آلدهید در ۱۰۰۰ گرم نمونه بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (اینانلی و گوبان، ۲۰۱۰).

رابطه (۱)

۲۰۰/ [۵۰× (جذب نمونه- جذب شاهد)] = مقدار تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون‌آلدهید/ کیلوگرم نمونه)

اندازه‌گیری پروتئین: اندازه‌گیری پروتئین به روش کجلدال[1] انجام شد. مقدار یک گرم نمونه دقیقاً توزین و در بالن هضم ریخته شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ و ۸ گرم از مخلوط کاتالیزور (۹۶ درصد سولفات‌سدیم خشک، ۳/۵ درصد سولفات‌مس و ۰/۵ درصد دی اکسیدسلنیوم) به آن افزوده گردید و بالن در دستگاه مخصوص هضم کلدال قرار داده شد و حرارت‌دهی آغاز گردید. حرارت‌دهی تا باقی ماندن مایع بی‌رنگ در ته بالن ادامه یافت، در این موقع نمونه کاملاً هضم شده بود. عمل هضم در حدود ۲ ساعت به طول انجامید. پس از سرد شدن، بالن در دستگاه تقطیر قرار داده شد. پیشتر آب مقطر و محلول اسیدبوریک ۲ درصد و سود ۳٤ درصد ساخته شد و در مخازن مربوطه در دستگاه تقطیر قرار گرفت. در زیر قسمت کندانسور دستگاه تقطیر، یک ارلن‌مایر محتوی چند قطره معرف متیل‌رد و بروموکروزول‌گرین قرار داده شد و دستگاه تقطیر آماده گردید. شیر آب‌سرد در طول عمل تقطیر باز بود. عمل تقطیر برای هر نمونه حدود ۵ دقیقه به طول انجامید. از ابتدا یک شاهد هم

1- Kjeldal method

در نظر گرفته شد و کلیه اعمال فوق‌الذکر با شاهد نیز انجام گردید. پس از آن ارلن‌مایر از زیر دستگاه جدا شده و محلول به‌وسیله اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال خنثی گردید (پروانه، ۲۰۱۱).

با در نظر گرفتن رابطه ۲، مقدار درصد ازت و نیز با در نظر گرفتن ضریب پروتئین، مقدار درصد پروتئین محاسبه گردید.

رابطه (۲)

وزن نمونه/ [۱۰۰× (حجم تیترانت مصرفی نمونه- حجم تیترانت مصرفی شاهد)× نرمالیته تیترانت× ۱/٤۰۰۷]= میزان ازت (درصد)

اندازه‌گیری چربی: چربی کل به روش سوکسله[1] اندازه‌گیری شد. نمونه‌هایی که قبلاً خشک شده بودند با دقت در کاغذ صافی واتمن شماره ٤ ریخته و کاغذ به دقت تا شد و در بالن مخصوص دستگاه سوکسله قرار گرفت. بالن دستگاه به‌وسیله پترولیوم‌اتر تا جایی که سطح نمونه را کاملاً بپوشاند، پر شد و به دستگاه وصل گردید. آب‌سرد در تمام مدت حرارت‌دهی بالن‌ها جریان داشت. بالن در دمای ٦۰- ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت حرارت داده شد. پس از این مدت بالن استخراج از دستگاه جدا گردید و باقیمانده حلال در بالن جهت تبخیر تا رسیدن به وزن ثابت داخل آون با دمای ۲± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت سپس درون دسیکاتور قرار داده شد و وزن آن به‌طور دقیق توزین گردید. تفاوت وزن اولیه بالن از وزن ثانویه میزان چربی نمونه را بر حسب درصد نشان داد که از رابطه ۳ محاسبه گردید (پروانه، ۲۰۱۱).

رابطه (۳) وزن نمونه/ [۱۰۰× (وزن ثانویه بالن- وزن اولیه بالن)] = میزان چربی (درصد)

ارزیابی حسی: اعضای ثابت ارزیاب به تعداد ۱۵ نفر انتخاب شدند که علاقه‌مند به خوردن تخم‌ماهی بودند. نحوه بررسی نمونه‌ها به آن‌ها آموزش داده شد. نمونه‌های مربوط به هر تیمار، پس از باز شدن ظرف مربوطه توسط اعضای پانل، از نظر بو، رنگ و بافت مورد ارزیابی حسی قرار گرفت. بر اساس آزمون انجام شده، اعضای پانل برای ماندگاری نمونه‌ها از نظر شاخص‌های حسی رنگ، بو، بافت و

1- Soxhelt method

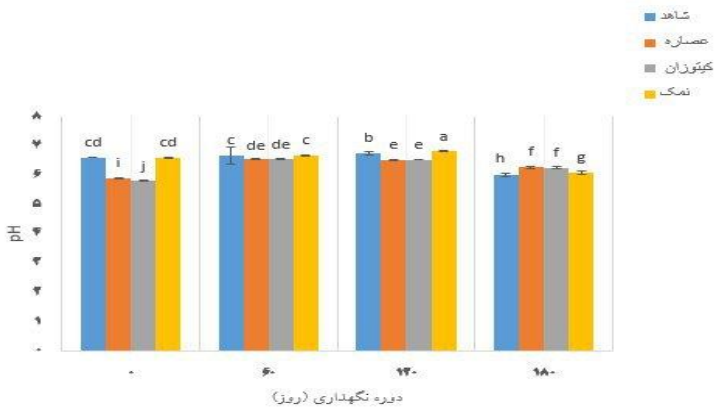
پذیرش کلی امتیاز دادند. این امتیازها بر اساس معیار سنجشی از ۱ تا ۵ (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ٤: خوب، ۵: عالی) در نظر گرفته شده بود (اینانلی و گوبان، ۲۰۱۰).

آنالیز آماری: به‌منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به‌دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و حسی از نرم‌افزاری آماری SPSS نسخه ١٦ استفاده گردید. پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف[1] از آزمون اسپلیت پلات در زمان، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح (α=۰/۰۵) برای مقایسه میانگین استفاده شد. برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال والیس[2] و مان- ویتنی یو[3](برای مقایسه چند گروه با یکدیگر) استفاده شد. نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

pH: طبق شکل ۱ نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد میزان pH در تیمارهای شاهد و نمک با گذشت زمان در ابتدا افزایش و سپس کاهش معنی‌داری یافت است ($p\leq$۰/۰۵). میزان pH دوتیمار عصاره و کیتوزان تا روز ۱۲۰ تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p\leq$۰/۰۵) که دلیل آن را میتوان ناشی از ماهیت اسیدی کیتوزان و عصاره سیر و لیمو دانست ولی در روز ۱۸۰ میزان pH تیمارهای عصاره و کیتوزان افزایش معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان می‌دهد ($p\leq$۰/۰۵) دلیل کاهش pH میتواند مربوط به انحلال دی‌اکسیدکربن و تولید اسیدکربنیک باشد (فان و همکاران، ۲۰۰۹) و افزایش در میزان pH را میتوان با تولید ترکیبات قلیایی از قبیل آمونیاک، تری متیل آمین و بازهای آلی فرار توسط باکتری‌های فاسد کننده مرتبط دانست (گولاس و کونتومیناس، ۲۰۰۵). نتایج مطالعه حاضر با بررسی (خضری احمدآباد، ۲۰۱۲؛ فان و همکاران، ۲۰۰۹؛ توکور و همکاران، ۲۰۰٦) مطابقت دارد.

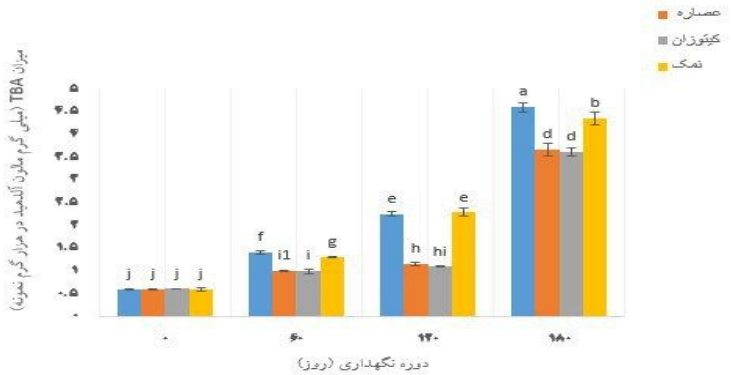
1- Kolomogorav-Smirnov test
2- Kruskal-Wallis test
3- Mann-Whitney U



شکل ۱- تغییرات میزان pH تیمارهای مختلف طی نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد.

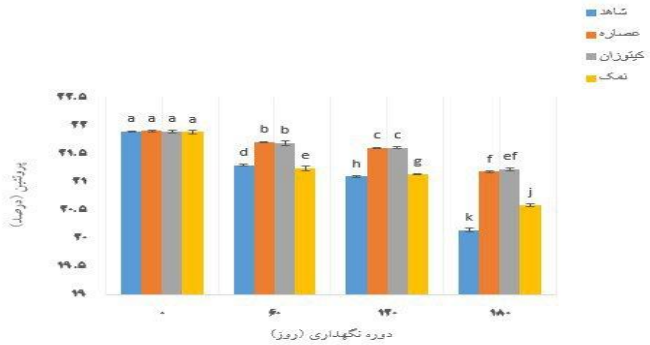
تغییرات تیوباربیتوریک اسید: تیوباربیتوریک اسید (TBA) از شاخص‌های اندازه گیری اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها بر اساس محتوی مالون‌دی‌آلدهید می‌باشد. مالون‌دی‌آلدهید به‌واسطه اکسید شدن هیدروپرکسیدها به موادی نظیر آلدئید و کتون، تشکیل می‌شود (کوتاسکی و همکاران، ۲۰۰۹). میزان TBA کمتر از ۳ میلی‌گرم مالونالدهید در هزار گرم تخم ماهی نشان‌دهنده کیفیت خیلی خوب، بیشتر از ۳ و کمتر از ۵ میلی‌گرم مالونالدهید در هزار گرم تخم ماهی خوب و حد مجاز مصرف ۷ تا ۸ میلی‌گرم مالونالدهید در هزار گرم تخم‌ماهی بیان شد (اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰). در مطالعه حاضرمیزان تیوباربیتوریک اسید پس از انجماد و عمل‌آوری طی دوره نگهداری به‌صورت منجمد افزایش معنی‌داری یافت ($p\leq ۰/۰۵$) بین تیمار عصاره و کیتوزان تا پایان دوره نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). تیمار شاهد و نمک بیشترین و تیمار عصاره و کیتوزان کمترین تغییرات را دارا بودند. افزایش میزان TBA **در** تیمار شاهد و نمک در طول مدت نگهداری ممکن است ناشی از تجزیه هیدروپراکسیدها و افزایش میزان آلدهیدها و تولید متابولیت‌های فرار و افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در حضور اکسیژن باشد (گومز و همکاران، ۲۰۰۳). ولی در تیمارهای عصاره **با** توجه به اثر آنتی اکسیدانی عصاره، مانع از اکسیداسیون ثانویه شده که موجب تغییرات جزئی TBA نسبت به سایر تیمارها شده است (فنگ و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین کیتوزان می تواند از طریق واکنش با آهن موجود در پروتئی‌های تخم ماهی و کاهش و اثر پروکسیدانی آن‌ها و یا تبدیل آن‌ها به آهن سه ظرفیتی

موجب کاهش اکسیداسیون چربی‌ها شود (کامیل و همکاران، ۲۰۰۲). میزان TBA در این تحقیق در هیچ یک از تیمارها از حدقابل قبول فراتر نرفت. نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات (میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰؛ پارک و چین، ۲۰۱۰؛ ساتیول و همکاران، ۲۰۰۵؛ فان و همکاران، ۲۰۰۹؛ توکور و همکاران، ۲۰۰۶) مطابقت دارد.



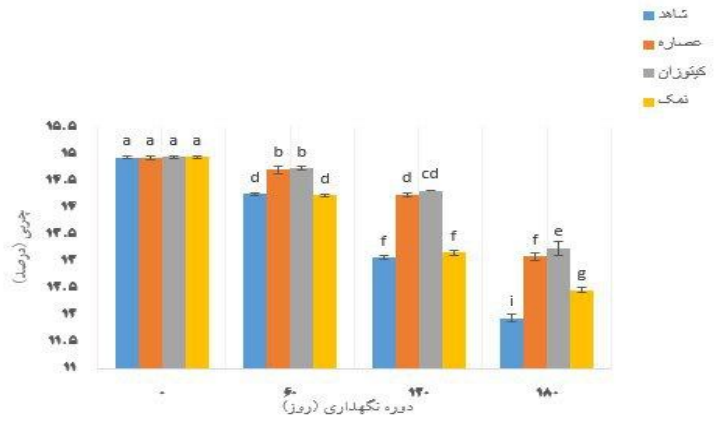
شکل ۲- تغییرات TBA تیمارهای مختلفی طی نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد.

تغییرات میزان پروتئین: در مطالعه بلدزو و همکاران (۲۰۰۳) میزان پروتئین تخم خام را در گونه‌های متفاوت خانواده آزادماهیان بین ۲۱ تا ۲۷ درصد بیان نمودند که با نتایج اندازه‌گیری میزان پروتئین در مطالعه حاضر همخوانی دارد. مطابق شکل ۳ میزان پروتئین تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی نگهداری به‌صورت منجمد با گذشت زمان در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq ۰/۰۵$) همچنین در طی انجماد آزاد شدن ترکیبات آمینی اتفاق می‌افتد و هرچه زمان نگهداری افزایش یابد میزان آزاد شدن مواد ازته در طول زمان افزایش می‌یابد و از ترکیبات اصلی زنجیره پروتئینی خارج می‌شود و منجر به کاهش میزان پروتئین طی دوره انجماد می‌شود (کیبای و همکاران، ۱۹۹۱) این نتایج با مطالعه (توکور و همکاران، ۲۰۰۶؛ اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰؛ میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵) همخوانی دارد.



شکل ۳- تغییرات پروتئین تیمارهای مختلف طی نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد.

تغییرات میزان چربی: مطابق شکل ٤ میزان چربی تخم منجمد قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول دوره نگهداری در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq$۰/۰۵). بین میزان چربی تیمارها در زمان صفر بعد از فرآیند عمل‌آوری با نگهدارنده‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>$۰/۰۵). در میزان چربی دو تیمار عصاره و کیتوزان تا روز ۱۲۰ نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>$۰/۰۵). کاهش چربی در این بررسی را می‌توان با هیدرولیز چربی توسط فعالیت‌های آنزیمی مرتبط دانست (یاسمن و همکاران، ۲۰۰۵) همچنین چربی در نگهداری به‌صورت منجمد در معرض اکسیداسیون و اتولیز قرار می‌گیرد که منجر به کاهش آن می‌شود (پاوار و ماگار، ۱۹٦٦) نتایج مطالعه حاضر با مطالعات (میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اینانلی و گوبان، ۲۰۱۰؛ اینانلی و همکاران، ۲۰۱۱) مطابقت دارد. در پایان دوره نگهداری دو تیمار عصاره و کیتوزان کاهش کمتری در میزان چربی داشتند که ممکن است به‌دلیل اثر بازدارندگی و آنتی‌اکسیدانی عصاره سیر و لیمو و کیتوزان باشد که باعث تغییرات کمتر چربی طی دوره نگهداری شده است مرتبط دانست (اعتمادی و همکاران، ۲۰۰۸؛ میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کامیل و همکاران، ۲۰۰۲) که با مطالعه (کامیل و همکاران، ۲۰۰۲؛ جین و همکاران، ۲۰۰۲؛ لوپز کابالرلو و همکاران، ۲۰۰۵) همخوانی دارد.



شکل ٤- تغییرات چربی تیمارهای مختلف طی نگهداری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد.

آنالیز حسی: ارزیابی حسی روشی مناسب برای ارزیابی کیفیت و تازگی مواد غذایی طی دوره نگه‌داری می‌باشد و به‌عنوان یک روش ساده و سریع مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطابق جدول ۱ در تیمارهای مختلف تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری به‌صورت منجمد ویژگی رنگ در تیمار عصاره تا پایان دوره نگهداری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$) و در دو تیمار شاهد و نمک سود تا روز ۱۲۰ نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) که احتمالاً با خاصیت نگهدارندگی خوب نمک و عصاره در به تعویق انداختن اکسیداسیون چربی و فساد میکروبی و شیمیایی مرتبط است. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات (میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰؛ اینانلی و گوبان، ۲۰۱۱) همخوانی دارد. در کیفیت رنگ تیمار کیتوزان نسبت به تیمار شاهد از ابتدای دوره نگهداری تغییر معنی‌داری مشاهده شد که ممکن است به‌دلیل رنگ ایجاد شده از کیتوزان مصرفی مرتبط دانست.

مطابق جدول ۲ پس از عمل‌آوری تخم ماهی همه تیمارها دارای بافت سفت و محکمی بودند و بین ویژگی بافت آن‌ها اختلاف مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). کیفیت بافت در همه تیمارها در طول نگهداری به‌صورت منجمد کاهش معنی‌داری را نشان داد ($p\leq۰/۰۵$) که دلیل آنرا می‌توان با تغییر ماهیت پروتئین‌ها و کاهش ظرفیت نگهداری آب طی دوره نگهداری مرتبط دانست (شهیدی و همکاران، ۱۹۹۸) بین ویژگی بافت تیمارهای عصاره، کیتوزان و نمک تا پایان روز ۱۲۰ اختلاف

معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). همچنین نگهدارنده‌هایی مانند کیتوزان، عصاره و نمک مانع از فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده که خود باعث کاهش دناتوره شدن پروتئین‌ها و در نتیجه کاهش از دست دادن آب و تغییرات کمتری در بافت تخم‌ها می‌شود همچنین وجود ترکیبات فنلی موجود در عصاره با خاصیت ضداکسیداسیونی باعث به تأخیر انداختن فسادشیمیایی می‌شود که خود مانع از مشکلات بافتی می‌گردد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات (اعتمادی و همکاران، ۲۰۰۸؛ سلام و همکاران، ۲۰۰٤؛ اینانلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵) همخوانی دارد.

مطابق جدول ۳ ویژگی بو میان تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلا در طی نگهداری به صورت منجمد کاهش یافت (p>۰/۰۵) به‌طوری که در تیمار کیتوزان از روز ٦۰، تیمار شاهد و نمک از روز ۱۲۰ و در تیمار عصاره در روز ۱۸۰ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p≤۰/۰۵). ایجاد بو نامناسب در طی دوره نگهداری می‌تواند ناشی از فعالیت میکروبی و فساد شیمیایی به ویژه اکسیداسیون چربی باشد. پذیرش بیشتر بو در تیمار عصاره را می‌توان با خاصیت ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی آن مرتبط دانست که با مطالعه (سلام و همکاران، ۲۰۰٤؛ میرصادقی و همکاران، ۲۰۱۵؛ فان و همکاران، ۲۰۰۹) مطابقت دارد.

مطابق جدول ٤ تیمار شاهد، عصاره و نمک تا روز ۱۲۰ برای مصرف‌کننده قابل پذیرش بود. پذیرش حسی کمتر در تیمار کیتوزان را می‌توان با رنگ و بوی حاصل از کیتوزان مصرفی مرتبط دانست.

جدول ۱- نتایج تغییرات رنگ تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

	دوره نگه‌داری (روز)			
تیمار	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
خام (شاهد)	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰^{a}	۲±۰^{e}
عصاره ۱/۵ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰^{a}	٤/۸۰±۰/٤٤^{a}
کیتوزان ۱ درصد	۳/۸۰±۰/٤٤^{b}	۳±۰/۷۰^{cd}	۲/۸۰±۰/۸۳^{cd}	۲/٤۰±۰/۵٤^{de}
نمک ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	٤/٦۰±۰/۵٤$^{\alpha}$	۳/٤۰±۰/۵٤^{bc}

جدول ۲- تغییرات بافت تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

	دوره نگه‌داری (روز)			
تیمار	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
خام (شاهد)	۵±۰$^{\alpha}$	٤/۸۰±۰/٤٤$^{\alpha}$	٤/۲۰±۰/۸۳^{b}	۲±۰/۷۰^{e}
عصاره ۱/۵ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۳/٤۰±۰/۵٤^{c}
کیتوزان ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۳/٦۰±۰/۵٤^{c}
نمک ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	٤/٦۰±۰/۵٤^{ab}	۲/۲۰±۰/٤٤^{de}

جدول ۳- تغییرات بو در تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

	دوره نگه‌داری (روز)			
تیمار	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
خام (شاهد)	۵±۰$^{\alpha}$	٤/۸۰±۰/٤٤^{ab}	٤/۲۰±۰/۸۳^{bc}	۱/٦۰±۰/۵٤^{g}
عصاره ۱/۵ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۳/۸۰±۰/٤٤^{cd}
کیتوزان ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	٤/۲۰±۰/۸۳^{bc}	۳/۲۰±۰/٤٤^{de}	۲/۸۰±۰/۸۳^{ef}
نمک ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	٤/٦۰±۰/۵٤^{ab}	٤/۲۰±۰/٤٤^{bc}	۲/٦۰±۰/۵٤^{ef}

جدول ٤- تغییرات پذیرش کلی در تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

	دوره نگه‌داری (روز)			
تیمار	۰	٦۰	۱۲۰	۱۸۰
خام (شاهد)	۵±۰$^{\alpha}$	٤/۸۰±۰/٤٤^{a}	۳/۲۰±۱/۳۰^{cd}	۱/٤۰±۰/۵٤^{g}
عصاره ۱/۵ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	۵±۰$^{\alpha}$	۲/۸۰±۰/۸۳^{de}	۲/۸۰±۰/۸۳^{de}
کیتوزان ۱ درصد	٤/٦۰±۰/۵٤^{ab}	۳/۲۰±۰/۸۳^{cd}	۲/۸۰±۰/۸۳^{de}	۲±۰/۷^{efg}
نمک ۱ درصد	۵±۰$^{\alpha}$	٤/٤۰±۰/۵٤^{ab}	٤/٦۰±۰/۵٤^{ab}	۲/٤۰±۰/۵٤^{def}

نتیجه‌گیری کلی: نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی عصاره سیر و لیمو و کیتوزان قادر است فساد اکسیداسیونی تخم‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان را طی نگهداری به‌صورت منجمد کم و آن را به تعویق بیاندازد و موجب افزایش ماندگاری آن‌ها گردد. به طوری‌که در مقایسه با تیمار شاهد دو تیمار عصاره و کیتوزان اختلاف معنی‌داری را در پارامترهای شیمیایی نشان دادند.

منابع

1. Adeli, A., and Baghaei, F. 2013. Production and Supply of Rainbow Trout in Iran and the World. Journal of Fish and Marine Sciences. 5: 335-341.
2. AOAC, 1990. In: Helrich k (ed) Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th edn.Atlington, VA, USA (Method code 981.12: pH)
3. Baghalian, K., Ziai, S.A., Naghavi, M.R., Naghdi Badi, H., and Khalighi, A. 2005. Evaluation of allicin content and botanical traits inIranian garlic (*Allium sativum*) ecotypes. Journal of Scientia Horticulturae. 103: 155-166.
4. Bakri, I.M., and Douglas, C.W. 2005. Inhibitory effect of garlic extract on oral bacteria. Arch Oral biology. 50: 645-51.
5. Bledsoe, G.E., Bledsoe, C.D., and Rasco, B. 2003. Caviar and fish roe products. Journal of Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 43: 317-356.
6. Chiba, A., Hamaguchi, M., Kosaka, M., Tokuno, T., Asai, T., and Chichibu, S. 1991. Quality evaluation of fish meat by Phosphorus-nuclear magnetic resonance. Journal of food Science, 56: 660-664.
7. Etemadi, H., Rezaei, M., and Abedian, A. 2008. Antibacterial and antioxidant potential of rosemary extract *(Rosmarinus officinalis)* on the shelf life extension of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)*. Journal of food science and technology. 5: 67-77.
8. 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. Journal of Food Chemistry. 115: 66-70.
9. Formanek, Z., Lynch, A., Galvin, K., Farkas, J., and Kerry, J.P. 2003. Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidant on the shelf life stability of overwrapped minced beef. Journal of meat science. 63: 433-440.
10. 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. Journal of Food Chemistry. 93: 511-520.
11. Inanli, A., Coban, O., and Dartay, M. 2010. The chemical and sensorial changes in rainbow trout caviar salted in different ratios during storage. Journal of Fish Science. 76: 879-883.
12. Khanehdan, N. 2011. Study of different concentration of sodium alginate as a coating film on the shelf-life of frozen dressed kilka (*Clupeonella cultriventiris*). Journal of American Science. 7: 513-518.
13. Khezri ahmadabad, M., Rezaei, M., Ojagh, S.M., and Babakhani lashkan, A. 2012. The increase of shelf-life of frozen Kilka *(clupeonella cultriventris)* using natural antioxidants. Journal of utilization and cultivation of aquatics. 1: 27-39.
14. Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N., and Kontominas, M.G. 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological,

chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass *(Dicentrarchus labrax)* fillets. Journal of Food Microbiology. 26: 475-482.
15. López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Pérez-Mateos, M., and Montero, P. 2005. A chitosan–gelatin blend as a coating for fish patties. Journal of Food Hydrocolloids. 19: 303-311.
16. Maruti, J.D., Chidamber, B., Jalkute, J.S.G., and Kailash, D. 2011. Study Antimicrobial Activity of Lemon *(Citrus lemon)* Peel Extract British. Journal of Pharmacology and Toxicology. 2: 119-122.
17. Mirsadeghi, H., Alishahi, A., Shabanpour, B., and safari, R. 2015. Effect of salt and water temperature processing in qualitative changes in rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* roe during refrigerator storage. Journal of Fisheris Science and technology. 4: 93-105
18. Mojazi Amiri, B., Rezaei Tavabe, K. 2010. The caviar fishes and caviar. University of Tehran press. 256p. (translated in Persian)
19. 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. Journal of Food Chemistry. 120: 193-198.
20. Park, S.Y., and Chin, K.B. 2010. Evaluation of pre-heating and extraction solvents in antioxidant and antimicrobial activities of garlic, and their application in fresh pork patties. Journal of Food Science and Technology. 45: 365-373.
21. Parvaneh, V. 2011. Chemical and Food quality control tests. University of Tehran press. 332p. (In Persian)
22. Pawar, S.S., and Magar, N.G. 1966. Chemical changes during frozen storage of pomphrets, mackerel, and sardines. Journal of Food Science. 31: 87-93.
23. Pezeshk, S., Rezaie, M., and Hosseini, H. 2010. Antibacterial and antioxidant activities of shallot extract (*Allium ascalonicum*) on rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* during chilled (4±1°C) storage. Iran, Journal of food science and Technology. 6: 11-19.
24. Sadeghi, N. 2001. Rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* culture. Naghsh mehr press, Tehran, 39p. (In Persian)
25. Sakanaka, S., Tachibana, Y., and Okada, Y. 2005. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (*Kakinoha cha*). Journal of Food Chemistry. 89: 569-75.
26. Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J., and Prinyawiwatkul, W. 2007. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (Oncorhynchus gorbuscha) fillets during frozen storage. Journal of Food Engineering. 83: 366-373.
27. Shahidi, F., Metusalach, F., and Brown, J.A. 1998. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. Journal of Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 38: 1-67

28. Shirai, N., Higuchi, T., and Suzuki, H. 2004. Analysis of lipid classes and the fatty acid composition of the salted fish roe food products, Ikura, Tarako, Tobiko and Kazunoko. Journal of Food Chemistry. 94: 61-67.
29. Tokur, B., Ozkütük, S., Atici, E., Ozyurt, G., and Ozyurt, C.E. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp *(Cyprinus carpio)* during frozen storage (− 18 C). Food Chemistry. 99: 335-341.
30. Yin, M.C., and Cheng, W.S. 2003. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. Journal of Meat Science. 63: 23-28.