# تاثیر نگهداری در یخچال (دمای ۴ °C) بر ساختار بافتی و خواص کیفی فیله ماهی سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus*

آی ناز خدانظری*[۱]، نگین سلامات[۲]

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳
شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22113/jmst.2019.158495.2232

## چکیده

نگهداری در یخچال یکی از ساده‌ترین روش‌های حفاظتی کوتاه مدت ماهی می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر نگهداری در یخچال بر تغییرات ساختار بافتی (تغییر سلول‌های ماهیچه‌ای)، آنالیز تقریبی (رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر)، خصوصیات فیزیکوشیمیایی (بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت نگهداری آب)، بار میکروبی (بار باکتریایی سرمادوست و مزوفیل) و خواص حسی فیله ماهی سرخو حرا با میانگین وزن ۲۵۰/۱۹ گرم در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ طی نگهداری در یخچال (دمای ۴ °C) است. طبق نتایج میزان چربی و پروتئین فیله سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال به طور معنی‌داری کاهش و میزان رطوبت و خاکستر فیله سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال به طور معنی‌داری افزایش یافتند ($p<۰/۰۵$). میزان بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد فیله سرخو حرا طی دوره نگهداری به طور معنی‌دار افزایش یافتند ($p<۰/۰۵$). ظرفیت نگهداری آب فیله سرخو حرا طی نگهداری از ۸۶ درصد به ۵۲/۶۶ درصد کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). بار باکتری مزوفیل و سرمادوست فیله سرخو حرا به ترتیب از ۲/۷۷ $\log_{10}$ cfu/g و ۳/۴۳$\log_{10}$ cfu/g به ۱۲/۷۳ $\log_{10}$ cfu/g و ۹/۱۳ $\log_{10}$ cfu/g طی دوره نگهداری در یخچال افزایش یافت. تخریب سلول بافت پس از ۹ روز نگهداری مشاهده شد. ارزیابی حسی فیله طی دوره نگهداری به طور معنی‌دار کاهش یافت. طبق نتایج آنالیز میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی مدت زمان ماندگاری فیله سرخو حرا در یخچال تقریبا ۸-۷ روز بود.

**واژگان کلیدی:** ماهی سرخو حرا، ساختار بافت، کیفیت، نگهداری در یخچال، زمان ماندگاری.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: khodanazary@yahoo.com

**۱. مقدمه**

ماهی از دیرباز به عنوان یکی از غذاهای بسیار مهم دارای ارزش دارویی و غذایی محسوب می‌شود (Razavi Shirazi, 2008). از این رو از یک طرف به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از اسیدهای چرب غیراشباع جزء محصولات غذایی با ارزش بوده و از طرف دیگر در برابر اکسیداسیون بسیار حساس و فساد پذیر می‌باشد، بنابراین حفظ کیفیت ماهی و ارائه محصول باکیفیت از اهمیت خاصی برخوردار است. کیفیت خوراکی ماهی بر قابلیت پذیرش ماهی تاثیر می‌گذارد. کیفیت ماهی به گونه ماهی و دستکاری و شرایط نگهداری، تغییرات پس از صید بر طبق واکنش‌های شیمیایی و فساد میکروبیولوژیکی (Sharifian *et al*., 2011; Romiani and Khosravizadeh, 2017) بستگی دارد. در طی دستکاری و نگهداری، کیفیت ماهی تازه به سرعت کاهش پیدا می‌کنند و طول مدت ماندگاری محصولات محدود می‌شود. فساد ماهی و نرم تنان از سه مکانیسم ذیل اتفاق می‌افتد: ۱- شکست بافت از طریق آنزیم‌های داخلی (اتولیز سلول‌ها)، ۲- رشد میکروارگانیسم‌ها، ۳- واکنش‌های اکسیداسیون (Sharifian and Attaran Fariman, 2014). عضله ماهی در مقایسه با گوشت به دلیل صفحات عضلانی به نام میوتوم‌های رشته‌ای که توسط بافت پیوندی نگهداری می‌شوند، ساختار ویژه‌ای دارد. علاوه بر این، میوتوم‌ها شامل تعداد زیاد فیبرهای ماهیچه‌ای در زمینه کلاژن می‌باشد.

تازگی فاکتور مهمی در کیفیت غذاهای دریایی است و برای حفظ این تازگی در غذاهای دریایی عمل سرد نمودن، یکی از شیوه های مقدماتی می‌باشد. انواع مختلفی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای ارزیابی تازگی ماهی در طول نگهداری به کار رفته و شاخص-های کیفی مهم برای تازگی ماهی شامل: بو، طعم، بافت و پاسخ حسی می‌باشند (Wu *et al*., 2019). از آنجایی که ماهیان پس از صید به علت اثر اکسیژن هوا و فعالیت‌های میکروبی به سرعت فاسد می‌گردند، یافته‌های زیادی بیان کننده لزوم استفاده از روش-های نگهداری برای حفظ کیفیت ماهیان می‌باشند که باید بلافاصله پس از صید اعمال گردند (Bermúdez-Aguirre and Welti-Chanes, 2016; Seifzadeh *et al*., 2012). نگهداری در دمای پایین یکی از روش-های اولیه برای حفظ تازگی ماهی به دلیل کاهش در میزان تغییرات میکروبی، شیمیایی و بیوشیمیایی است به طوری که مراحل جمود نعشی و بعد از جمود را طولانی‌تر نموده بنابراین ضروری است تا این دما برای تضمین کیفیت بالای آن حفظ گردد زیرا دمای بالاتر در طول نگهداری، مدت زمانی که ماهی در مرحله جمود نعشی قرار می‌گیرد را کوتاه‌تر نموده و بنابراین کیفیت فرآورده و ماندگاری آن کاهش می-یابد (Wu *et al*., 2019). در ایران، سرد سازی ماهی پس از صید در مدت زمان کوتاه به دو روش نگهداری در یخ و نگهداری در یخچال انجام می‌شود. نگهداری در یخ و یخچال ارزان ترین روش سرد سازی ماهی در ایران می‌باشد (Bahmani *et al*., 2011). استفاده از یخچال و یخ‌گذاری روشی اقتصادی بوده و به آسانی در دسترس می‌باشد. یخ، ماهی را مرطوب و شفاف نگه داشته و همچنین ازدست رفتن رطوبت آن جلوگیری می‌کند. نگهداری در سرما از مهمترین روش‌های معمول برای حفظ تازگی غذاهایی دریایی در کشتی و ساحل تا یک دوره کوتاه می‌باشد. نگهداری در یخ برای طولانی کردن طول مدت ماندگاری آبزیان به طور گسترده پس از صید تا رسیدن به بازار ماهی استفاده می‌شود (Bahmani *et al*., 2011). انواع مختلف یخ مانند پودری (powdered)، تکه تکه (sliced)، صفحه‌ای (plated)، فلسی (flaked) و خرد شده (crushed) تولید می‌شود که یخ خرد شده بهترین یخ برای نگهداری ماهی کامل می‌باشد (Balachandran, 2001). از طرف دیگر، ماهی و محصولات ماهی در یخچال نگهداری می‌شوند (Cakli *et al*., 2007). نگهداری در یخچال ساده‌ترین روش ممکن جهت حفاظت ماهی در کوتاه مدت و پس از صید می‌باشد. نگهداری در یخچال به

طور گسترده برای نگهداری آبزیان استفاده می‌شود. هر چند، طول مدت ماندگاری آبزیان بستگی به فاکتورهای بسیاری از جمله گونه، فصل، سایز ماهی، موقعیت فیزیولوژیکی گونه‌ها، تغذیه، روش صید، محل صید، محدوده دمایی و دستکاری و فرآوری دارد (Balachandran, 2001).

ماهی سرخو حرا یکی از ماهیان دریایی باارزش تجاری با پتانسیل بالای صادرات می‌باشد (Coniza *et al*., 2012). ماهی سرخو حرا متعلق به خانواده سوف ماهی سانان (Perciformes) است و در ایران در خلیج فارس و دریای عمان به طور گسترده پراکنده است (FAO, 1990). تاکنون مطالعات اندکی در زمینه بررسی فاکتورهای کیفی ماهی سرخو طی دوره نگهداری انجام شده است. Husain و همکاران (۲۰۱۶) مطالعه‌ای بر تغییرات اکسیداسیون چربی فیله ماهی سرخو (*Lutjanus* spp.) طی ۴۵ روز نگهداری در دماهای مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) انجام دادند و نتایج نشان داد که شاخص پراکسید مورد قبول برای مصرف در دمای صفر و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۰ و ۱۲ روز بودند. همچنین شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA) مورد قبول برای مصرف در دمای صفر و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۵ و ۱۵ روز بودند. برای نگهداری کوتاه مدت ماهی سرخو حرا پس از صید، استفاده از یخچال یکی از ارزان‌ترین و در دسترس پذیرترین روش‌های نگهداری است. نظر به اینکه ماهی سرخو حرا یکی از مهمترین ماهیان دریایی خلیج فارس و دریای عمان بوده و تقاضا برای آن در جهت استفاده در مصرف خانگی بالاست و با توجه به جایگاه پروتئین‌ها در رژیم غذایی افراد، هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات کیفی، ساختار بافتی و طول مدت ماندگاری فیله سرخو حرا *Lutjanus argentimaculatus* در یخچال است.

## ۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌های ماهی سرخو حرا با میانگین وزن ۴۰۵/۰۲ گرم به تعداد ۶۰ عدد در سال ۱۳۹۵ به صورت تازه از صیادان محلی شهرستان خرمشهر خریداری شدند. نمونه‌های ماهی و یخ به نسبت ۱ به ۱ (وزنی/ وزنی) (Sharifian *et al*., 2011) با جعبه‌های یونولیتی در کمتر از ۲ ساعت به آزمایشگاه فرآوری واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. سپس با آب شهری شستشوی اولیه صورت گرفت و مجددا با آب مقطر نمونه‌ها شستشو شدند. ماهی‌ها، سرزنی و تخلیه امعا و احشاء گردیدند. از هر ماهی دو فیله با میانگین وزن ۲۵۰/۱۹ گرم تهیه شد. فیله ماهی‌ها با آب سرد شستشو داده شدند. ماهی‌ها در زیپ کیپ استریل بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Bahmani *et al*., 2011). بررسی خصوصیات میکروبیولوژیکی، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی (ظرفیت نگهداری آب (WHC)، تیوباربیتوریک اسید(TBA)، اسید چرب آزاد (FFA)، بازهای ازته فرار (TVBN) و pH)، ساختار بافت و ارزیابی حسی هر ۳ روز در روزهای ۰ (دو ساعت پس از صید)، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ به مدت ۱۲ روز انجام گردید. جهت اندازه‌گیری خصوصیات میکروبیولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، ساختار بافت و ارزیابی حسی برای هر دوره ۴ بسته در نظر گرفته شد و هر بسته شامل ۳ تکرار بود.

آنالیز تقریبی (رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی) فیله‌های ماهی طبق روش استاندارد AOAC در سال ۱۹۸۴ انجام شد. برای اندازه‌گیری رطوبت ۱۰ گرم از نمونه تا ثابت شدن وزن در آون ( ۱۰۵ درجه سلسیوس) قرار داده و پس از حدود ۱۸ ساعت مجددا توزین شد. برای تعیین میزان خاکستر ۰/۵ گرم از نمونه در بوته چینی ریخته و در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ ساعت سوزانده شد. میزان پروتئین نیز با روش کلدال با ضریب تبدیل ۶/۲۵ بدست آمد. چربی کل با کلروفرم/متانول طبق روش

بلای و دایر (۱۹۵۹) در دستگاه سوکسله اسـتخراج و اندازه‌گیری شد (AOAC, 1984).

بار میکروبی نمونه‌ها با هموژن کردن ۱۰ گرم نمونه در ۹۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۹٪ کلرید سدیم در شرایط استریل آغاز شد. از این سوسپانسیون جهت تهیه رقت‌های متوالی استفاده شد. کشت میکروبی مورد نظر با ریختن ۱ میلی لیتر از نسبت‌های بدست آمده در پلیت‌های یکبار مصرف استریل و ریختن محیط کشت پلیت کانت آگار (Plate Count Agar) بر آن صورت گرفت. برای شمارش کلنی‌های باکتریایی مزوفیل پلیت‌های تهیه شده به مدت ۲ روز در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و برای باکتری‌های سرمادوست به مدت ۷ روز در ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. شمارش کلنی‌ها بر مبنای $\log_{10}$ cfu/g بیان گردید (Sallam, 2007).

اندازه‌گیری pH طبق Suvanich و همکاران (۲۰۰۵) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید طبق Siriptrawan و Noipha (۲۰۱۲) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری بازهای ازته فرار به روش کلدال و با تیتراسیون عصاره طبق روش Goulas و Kontominas (۲۰۰۵) انجام شد. میزان شاخص اسیدهای چرب آزاد با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه گوشت با کمک کلروفرم/ متانول به روش Woyewoda و همکاران (۱۹۸۶) و تیتراسیون گروه‌های کربوکسیلیک آزاد موجود در آن با هیدروکسید-سدیم صورت پذیرفت. کلروفرم، متانول و ۲-پروپانول به نسبت دو:یک:دو به همراه معرف متاکروزول ارغوانی به عصاره استخراج شده اضافه شد و تیتراسیون تا تغییر رنگ از زرد به آبی ادامه یافت. نتایج بصورت درصد اولئیک اسید بیان شد. ظرفیت نگهداری آب (WHC) طبق روش Zhuang و همکاران (۲۰۰۸) اندازه‌گیری شد.

از فیله ماهی، نمونه ای به ابعاد ۱×۱×۰/۵ سانتیمتر از عضلات تنه‌ای ماهی جدا کرده و پس از ذکر زمان نمونه برداری و شماره هر ماهی به طور مجزا در ظروف شیشه‌ای دربدار، در محلول ثبوت فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شدند. پس از تثبیت، نمونه‌های بافتی با استفاده از دستگاه هیستوکینت (RX-11B, Tissu tek-rotary, Japane) تحت یک برنامه زمان بندی شده برای انجام مطالعات بافتی آماده سازی شدند. به این ترتیب که بافت های تثبیت شده در فرمالین ۱۰٪، ابتدا توسط سری افزایشی اتانول (۷۰، ۸۰، ۹۰ و۱۰۰ درصد) آبگیری شده و در ادامه نمونه‌های بافتی برای شفاف سازی به گزیلول و سپس جهت پارافینه شدن، به منظور استحکام و دوام بافت‌ها در حین برش گیری، به ظروف حاوی پارافین ( Merck: 1.07164.2500 دمای ذوب ۵۸-۵۶ درجه سانتی-گراد) منتقل شدند. در ادامه جهت قالب گیری نمونه-ها از قالب‌های آلومینیومی به نام قالب‌های لوکهارت استفاده گردید. سپس با استفاده از دستگاه روتاری میکروتوم (LEICA, RM2245, Germany)، از قالب-های پارافینه برش‌هایی ۵ میکرومتری تهیه و پس از قرار دادن روی اسلاید هایی که از قبل توسط لایه نازکی از چسب گلیسرین+آلبومین (مخلوط سفیده تخم مرغ، گلیسرین و چند قطره تیمول) پوشیده شده بودند، قرارگرفتند. برش های بافتی تهیه شده سپس با استفاده از رنگ آمیزی هماتوکسیلین – ائوزین (H&E) رنگ آمیزی شدند ( Bancroft and Gamble, 2002). مقاطع بافتی رنگ آمیزی شده با H&E، با استفاده از میکروسکوپ نوری Olympus و با بزرگنمایی‌های متفاوت بررسی و تصاویر مناسب توسط دوربین نصب شده بر روی میکروسکوپ Dinolite Digital Microscope و سیستم رایانه‌ای متصل به دوربین مجهز به نرم افزار Dino capture تهیه و ذخیره شد.

ارزیابی نمونه‌ها توسط ۵ نفر دانشجویان نیمه آموزش دیده رشته شیلات آشنا با فیله سرخو حرا و تغییـرات فسادی آن انجام پذیرفت. نمونه‌های مـاهی بـه مـدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه بخارپز شـدند. پـذیرش کلـی نمونـه‌هـا بـا مقیـاس ۵ نقطـه‌ای هـدونیک بـا اصطلاحات توصیفی زیر رتبه بنـدی شـد: عـالی (۵)،

خوب (۴)، متوسط یا قابل قبول (۳)، ضعیف (۲)، خیلی ضعیف (۱)، فاسد (۰) (Ojagh, 2010).
نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگراف-اسمیرنوف[۱] و همگنی واریانس‌ها با آزمون Leven بررسی گردید. تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه بررسی شده و نتایج بصورت میانگین ±خطای معیار بیان شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار آنالیز آماری SPSS 16 استفاده گردید.

## ۳. نتایج

نتایج آنالیز تقریبی فیله سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus* طی نگهداری در یخچال در جدول ۱ نشان داده شده است. تغییرات میزان چربی نمونه‌ها در دامنه ۴/۳۲-۲/۴۵ درصد بود ($p<0/05$). میزان چربی فیله سرخو حرا طی نگهداری در یخچال از روز صفر تا روز ۳ کاهش ($p>0/05$) و مجددا در روز ۶ افزایش ($p<0/05$) و سپس از روز ۹ تا انتهای دوره نگهداری کاهش یافت . میزان پروتئین فیله سرخو حرا طی نگهداری در یخچال تا روز ۹ تفاوت معنی دار نداشت ولی در روز ۱۲ طی نگهداری در یخچال به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<0/05$). میزان رطوبت ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال تا روز ۹ تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$) ولی میزان رطوبت در روز ۱۲ به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<0/05$). میزان خاکستر ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری بین ۱/۶۳ و ۳/۰۳ درصد بود. میزان خاکستر ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال تا روز ۹ افزایش ($p>0/05$) و در روز ۱۲ به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<0/05$).

نتایج تغییرات فیزیکوشیمیایی ماهی سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus* طی نگهداری در یخچال در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان بازهای ازته فرار در روز صفر نگهداری از ۱۴/۱۶ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰گرم تا ۳۴/۶۸ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰گرم در روز دوازدهم متغیر بود. میزان بازهای ازته فرار فیله سرخو حرا تا روز ۶ نگهداری تفاوت معنی‌دار نشان نداد ($p>0/05$)، سپس از روز ۹ به طور معنی‌دار تا انتهای دوره نگهداری افزایش یافت ($p<0/05$). میزان pH در روز صفر نگهداری از ۶/۱۷ تا ۷/۶۴ در روز دوازدهم متغیر بود. میزان pH ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<0/05$). میزان TBA ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال تا روز ۹ به تدریج افزایش ($p>0/05$) و سپس میزان TBA در روز ۱۲ به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<0/05$). مقادیر اسیدهای چرب آزاد تا روز ۶ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میزان اسیدهای چرب آزاد ماهی سرخو حرا از روز ۹ به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). میزان این شاخص در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال از ۰/۹۳ تا ۶/۲۸ درصد اولئیک اسید متغیر بود. میزان ظرفیت نگهداری آب ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<0/05$).
شکل ۱ تغییرات میزان باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال نشان داده شده است. میزان اولیه بار باکتری-های مزوفیل و سرمادوست به ترتیب ۲/۷۷ log cfu/g و ۳/۴۳ log cfu/g بود. تغییرات میزان بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال روند افزایشی داشت ($p<0/05$).

[۱] - Kolmogorov-smirnov

جدول ۱- تغییرات آنالیز تقریبی فیله ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲ روز

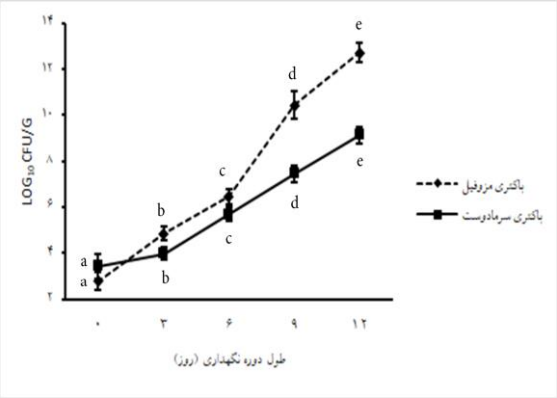
| دوره نگهداری (روز) | ۰ | ۳ | ۶ | ۹ | ۱۲ |
|---|---|---|---|---|---|
| چربی (٪) | ۴/۲۴±۰/۵۳$^{a}$ | ۳/۰۷±۰/۲۳$^{b}$ | ۴/۳۲±۰/۵۳$^{a}$ | ۲/۶۰±۰/۳۱$^{b}$ | ۲/۴۵±۰/۳۳$^{b}$ |
| پروتئین (٪) | ۱۸/۰۰±۱/۳۳$^{a}$ | ۱۷/۳۵±۰/۶۰$^{a}$ | ۱۷/۹۲±۰/۳۴$^{a}$ | ۱۹/۶۳±۰/۸۲$^{a}$ | ۱۴/۰۵±۰/۹۷$^{b}$ |
| رطوبت (٪) | ۷۶/۱۱±۱/۲۵$^{b}$ | ۷۷/۷۶±۰/۰۸$^{b}$ | ۷۵/۳۴±۰/۶۹$^{b}$ | ۷۵/۵۳±۰/۳۷$^{b}$ | ۸۰/۴۶±۱/۱۳$^{a}$ |
| خاکستر (٪) | ۱/۶۳±۰/۰۹$^{b}$ | ۱/۸۰±۰/۳۲$^{b}$ | ۲/۴۱±۰/۳۵$^{ab}$ | ۲/۲۲±۰/۳۶$^{ab}$ | ۳/۰۳±۰/۴۱$^{a}$ |

داده‌ها بر اساس میانگین±خطای معیار است. حروف کوچک متفاوت در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار در زمانهای مختلف است.

جدول ۲- تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فیله سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲ روز

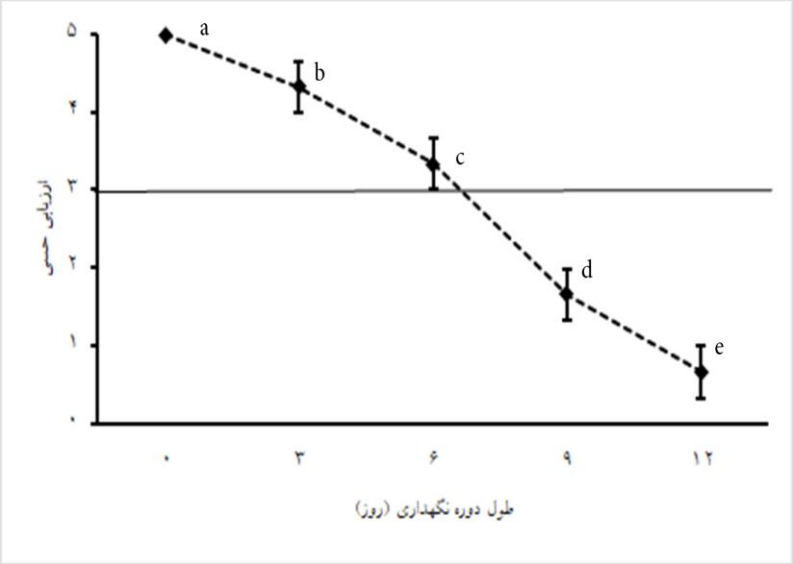
| دوره نگهداری (روز) | ۰ | ۳ | ۶ | ۹ | ۱۲ |
|---|---|---|---|---|---|
| بازهای ازته فرار (میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم نمونه) | ۱۴/۱۶±۰/۴۶$^{c}$ | ۱۵/۰۳±۰/۸۴$^{c}$ | ۱۵/۰۵±۲/۰۵$^{c}$ | ۲۵/۲۰±۳/۵۰$^{b}$ | ۳۴/۶۸±۱/۲۵$^{a}$ |
| pH | ۶/۱۷±۰/۰۶$^{c}$ | ۶/۸۲±۰/۰۸$^{b}$ | ۶/۸۴±۰/۰۲$^{b}$ | ۶/۸۵±۰/۳۰$^{b}$ | ۷/۶۴±۰/۱۹$^{a}$ |
| TBA (میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم نمونه) | ۰/۲۵±۰/۰۵$^{b}$ | ۱/۲۲±۰/۲۰$^{b}$ | ۱/۲۵±۰/۱۰$^{b}$ | ۱/۳۲±۰/۰۰$^{b}$ | ۳/۹۲±۰/۹۱$^{a}$ |
| اسیدهای چرب آزاد (٪ اولئیک اسید) | ۰/۹۳±۰/۵۰$^{b}$ | ۱/۷۴±۰/۳۰$^{b}$ | ۰/۹۶±۰/۱۴$^{b}$ | ۴/۲۲±۱/۲۴$^{a}$ | ۶/۲۸±۰/۱۶$^{a}$ |
| ظرفیت نگهداری آب (٪) | ۸۶/۰۰±۰/۵۷$^{e}$ | ۶۸/۰۰±۰/۵۷$^{d}$ | ۷۱/۰۰±۰/۵۷$^{c}$ | ۶۱/۶۶±۰/۸۸$^{b}$ | ۵۲/۶۶±۰/۸۸$^{a}$ |

داده‌ها بر اساس میانگین± خطای معیار است. حروف کوچک متفاوت در هر ردیف وجود اختلاف معنی‌دار در زمانهای مختلف است.



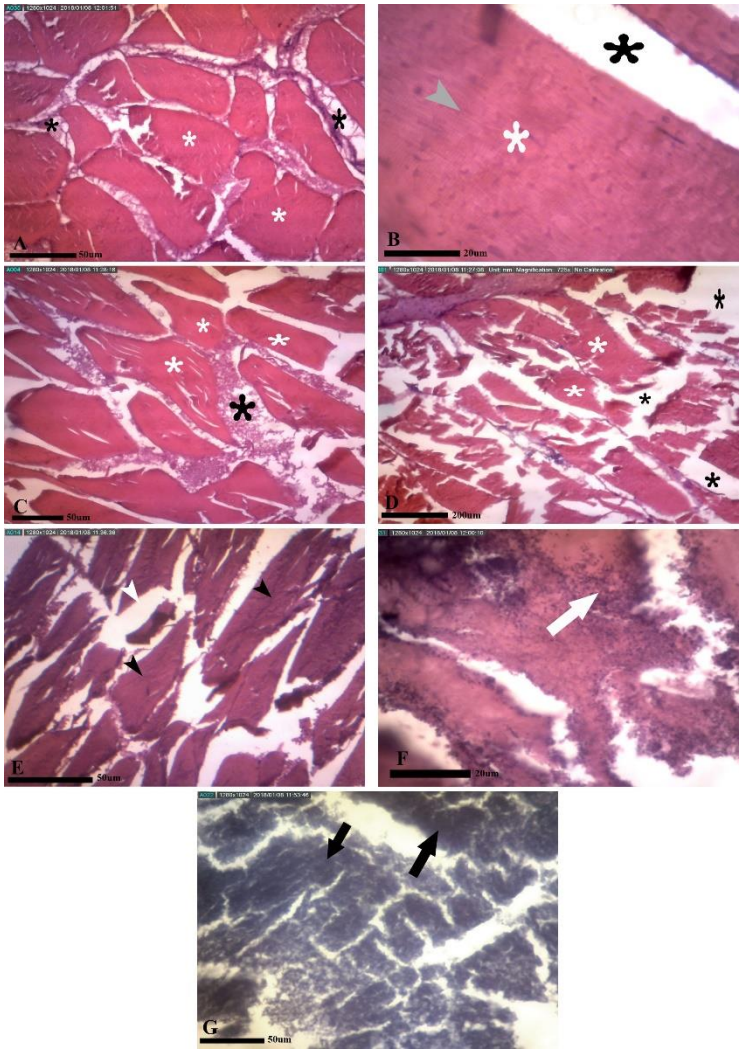

شکل۱- تغییرات بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست فیله ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲ روز

شکل ۲ میانگین امتیازات سنجش حسی فیله‌های بخارپز سرخو حرا نگهداری شده در یخچال را نشان می دهد. میانگین ارزیابی حسی ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). مطابق نتایج ارزیابی حسی، ماهی سرخو حرا از روز ۹ نگهداری غیر قابل مصرف می باشد. با توجه به آنالیز حسی، طول مدت ماندگاری ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال تقریبا ۸-۷ روز می باشد.




شکل ۲- تغییرات خواص حسی فیله ماهی سرخو حرا نگهداری شده در یخچال به مدت ۱۲ روز

نتایج ارزیابی ساختار بافت ماهی سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus* طی نگهداری در یخچال در شکل ۳ نشان داده شده است. در روز صفر نگهداری آرایش فیبرها منظم و فاصله بین آنها بسیار کم است، اما با گذشت زمان نگهداری، چروکیدگی سطح فیبرها و فاصله بین آنها افزایش یافت، به گونه ای که تمایز فیبرها و فاصله بین آنها افزایش یافت، به گونه‌ای که تمایز فیبرها در روزهای آخر نگهداری مشکل بود.



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ نوری ساختار بافتی عضله ماهی *Lutjanus argentimaculatus* در روزهای مختلف نگهداری در یخچال. A. روز ۰: فیبر عضله مخطط طبیعی (ستاره سفید)، بافت همبند سست آندومیزیوم دارای ضخامت طبیعی (ستاره سیاه)(H&E;× 725)، B. روز ۰: فیبر عضله مخطط طبیعی (ستاره سفید)، بافت همبند سست آندومیزیوم دارای ضخامت طبیعی (ستاره سیاه)، خطوط عرضی فیبر عضله مخطط (راس پیکان خاکستری) (H&E;×2900)، C. روز ۳: جمع شدگی (Shrinkage) و کاهش قطر فیبر های عضله مخطط (ستاره سفید)، افزایش ضخامت بافت همبند سست آندومیزیوم (ستاره سیاه) (H&E;× 725)، D. روز ۶. جمع شدگی (Shrinkage) و کاهش قطر فیبرهای عضله مخطط (ستاره سفید)، افزایش ضخامت بافت همبند سست آندومیزیوم (ستاره سیاه)، از بین رفتن یکپارچگی بافتی ( H&E;×290)، E . روز ۹. تیره شدن و جمع شدگی (Shrinkage) و کاهش قطر فیبر های عضله مخطط (راس پیکان سیاه)، افزایش ضخامت بافت همبند سست آندومیزیوم (راس پیکان سفید) (H&E;× 725)، F. روز ۹. شروع دژنراسیون فیبر عضله مخطط (پیکان سفید) (H&E;× 2900)، G. روز ۱۲. دژنراسیون کامل فیبر عضله مخطط (پیکان سیاه)(H&E;×725).

## ۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج آنالیز تقریبی فیله ماهی سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus* طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲ روز در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر در فیله ماهی سرخو حرا تازه طی دوره نگهداری در یخچال تغییر کردند. تفاوت‌ها بین ترکیب شیمیایی ماهی‌ها به وضعیت تغذیه، فصل صید (دوره تخم‌ریزی)، تغییرات دوره‌های جنسی، اندازه ماهی، محل زندگی و همچنین شرایط محیطی آنها بستگی دارد. تغییرات ترکیب بدن به خاطر دلایلی که ذکر شد می‌تواند منجر به تغییر ویژگی‌های حسی مثل طعم، بو، بافت،

رنگ و ظاهر آن شود که وضعیت میکروبی و در نهایت مقبولیت ماهی را به عنوان غذا تحت الشعاع قرار می‌دهد (Ojagh, 2010). میزان چربی فیله تازه ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال دارای نوسانات بود. مقایسه میزان چربی در ابتدا و انتهای دوره نگهداری، کاهش معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$).تغییرات میزان چربی از ماهی با ماهی دیگر در یک گونه بستگی به جنس، سن و تغذیه دارد. همواره مجموعه آب و چربی در عضله ماهی حدود ۸۰ درصد می‌باشد (Razavi Shirazi, 2008). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات Sharifian و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. میزان پروتئین فیله تازه ماهی سرخو حرا در انتهای دوره نگهداری در یخچال کاهش نشان داد ($p<۰/۰۵$). کاهش میزان پروتئین در ماهی طی نگهداری در سرما ممکن است به علت شستشوی پروتئین‌های محلول در آب از عضله ماهی باشد (Reza et al., 2008). کاهش معنی‌دار میزان پروتئین طی دوره نگهداری در دیگر گونه‌های ماهیان مثل ماهی هامور (Sharifian and Attaran Fariman, 2014) و ماهی شوریده (Dey and Dora, 2010) مشاهده گردید. میزان پروتئین یک فاکتور مهم برای بیان کیفیت گوشت و تعیین خواص کاربردی آن می‌باشد. به طور کلی آن قسمت از ماهی که به عنوان ماده خوراکی مورد مصرف قرار می‌گیرد، سیستم پروتئینی کاملا ارگانیزه‌ای است، معمولا به دلیل حساسیت خاص، در طی فرآیندهای مختلف تغییرات قابل توجهی در آن به وجود می‌آید، تغییراتی که در نهایت بر اختصاصات خوراکی و بازار پسندی آن تاثیر مستقیم دارد (Razavi Shirazi, 2008). میزان خاکستر فیله ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به طور معنی-داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). افزایش میزان خاکستر ماهی طی نگهداری ممکن است به علت کاهش میزان پروتئین و چربی عضله ماهی طی نگهداری باشد (Razavi Shirazi, 2008).

بازهای ازته فرار یک شاخص کیفی است که نشانگر میزان فساد، تجزیه و شکستن پروتئین‌ها بوده و بواسطه فعالیت باکتریایی و آنزیم‌های درونی خود ماهی افزایش می‌یابد. سوخت و ساز باکتریایی آمینواسیدها در ماهی منجر به تجمع آمونیوم، مونواتیل‌آمین، دی اتیل آمین، تری اتیل آمین و سایر بازهای فرار می‌شود که همگی موجب بدطعمی ماهی می‌گردند. میزان بازهای ازته فرار فیله ماهی سرخو حرا در طول دوره نگهداری در یخچال روند افزایشی از خود نشان داد ($p<۰/۰۵$) (شکل ۲). میزان بازهای ازته فرار در ماهی شوریده *Otolithes ruber* (Sharifian *et al*., 2011)، ماهی هامور *Epinephelus coioides* (Fariman, 2014 Sharifian and Attaran )، *Epinephelus merra* (Jeyasekaran *et al*., 2005) ذخیره شده در سرما طی نگهداری افزایش یافتند. میزان ۳۵-۳۰ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰گرم نمونه معمولا به عنوان حداکثر میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت ماهی پیشنهاد شده است (Shakila *et al*., 2005). میزان شاخص بازهای ازته فرار در فیله ماهی سرخو حرا در روز ۹ نگهداری در یخچال، ۲۵/۲۰ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم نمونه بود که پایین‌تر از حد مجاز برای مصرف کننده بود. در حالی که نتایج ارزیابی حسی نشان داد که فیله ماهی سرخو حرا در روز ۹ نگهداری در یخچال غیر قابل مصرف است. بنابراین نتایج این مطالعه نشان داد که دامنه میزان بازهای ازته فرار بین ۲۰ و ۲۵ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰گرم ماهی سرخو حرا می‌تواند به عنوان حد مجاز برای مصرف کنندگان پیشنهاد شود.

بیشتر ماهیان دارای مقدار کربوهیدرات کمتر از ۰/۵ درصد در بافت ماهیچه‌ای خود هستند، به طوری که بعد از مرگ ماهی، مقدار اسیدلاکتیک تولیدشده در نتیجه واکنش گلیکولیز، کم بوده و pH گوشت ماهیان بعد از مرحله‌ی جمود نعشی بالاتر از ۶ خواهد بود. این پدیده از خصوصیات ویژه و مهم مرتبط با گوشت ماهیان می‌باشد. تجزیه ترکیبات نیتروژنی در

طول نگهداری ماهی منجر به افزایش pH گوشت می‌شود که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات قلیایی باشد. چنین افزایشی در pH می‌تواند نشانگر رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و درنهایت فساد ماهی باشد. بطورکلی میزان pH عضله ماهی زنده نزدیک به ۷ است. پس از مرگ بر اساس فصل، گونه و فاکتورهای دیگر از ۶ تا ۷ تغییر می‌کند. مقدار این شاخص در طول دوره افزایش معنی داری پیدا کرد. میزان pH فیله سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال به طور معنی داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) (شکل ۲). افزایش pH با گذشت زمان نگهداری را می‌توان به فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک و باکتری‌های پروتئولیتیک فاسد کننده ماهی نسبت داد (Kilincceker *et al*., 2009). در بررسی حاضر با افزایش میزان بازهای ازته فرار در طول دوره انتظار چنین روندی برای pH انتظار می‌رفت. نتایج مشابهی توسط Sharifian و همکاران (۲۰۱۴) مبنی بر افزایش میزان pH فیله *Otolithes ruber* طی نگهداری در یخ گزارش شدند.

محصولات ثانویه اکسیداسیون شامل آلدهیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها، اسیدهای آلی و ترکیبات اپوکسی می‌باشد. مالون آلدهید یک ترکیب جزیی از اسیدهای چرب با سه پیوند دوگانه و یا بیشتر از آن است که در اثر تجزیه اسیدهای چرب چندغیراشباعی طی اکسیداسیون چربی تشکیل می شود. این ماده معمولا به عنوان شاخصی در ارزیابی روند تغییرات اکسیداسیون چربی استفاده می‌شود (Wu *et al*., 2019). میزان اولیه تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌ها از ۰/۲۵ تا ۳/۹۲ میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم نمونه نوسان داشت. میزان TBA فیله ماهی سرخو حرا طی دوره نگهداری در یخچال به طور معنی‌دار افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). افزایش تیوباربیتوریک اسید در این مدت می‌تواند در اثر آب زدایی نسبی ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع باشد. 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 بر کیلوگرم نمونه است در حالی که تا ۸ میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم نمونه هم قابل مصرف است (Sallam, 2007). در این مطالعه، میزان TBA فیله ماهی سرخو حرا نگهداری شده در یخچال تا انتهای دوره نگهداری پایین تر از حد مجاز بود.

میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال از ۰/۹۳ تا ۶/۲۸ درصد اولئیک اسید متغیر بود (جدول ۲). میزان اسیدهای چرب آزاد فیله سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به طور معنی داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). بواسطه آبکافت فسفولیپیدها و تری‌گلیسریدها توسط لیپاز و فسفولیپاز افزایش تدریجی در تولید اسید چرب آزاد در نمونه‌ها مشاهده شد. پس از مرگ ماهیان درنتیجه فساد میکروبی و یا آنزیمی، ترکیباتی مانند گلیسیریدها، چربی‌ها، گلیکو لیپیدها و فسفولیپیدها توسط آنزیم لیپاز هیدرولیز شده و تبدیل به اسید چرب آزاد می‌شوند. این اسیدهای چرب در ادامه روند اکسیداسیون تبدیل به ترکیباتی مانند آلدهید ها وکتون ها شده که درنتیجه منجر به ایجاد طعم و بوی نامطلوب و درنهایت فساد ماهی می‌شوند. بااینکه تولید اسیدهای چرب آزاد به‌خودی‌خود منجر به اتلاف تغذیه‌ای نمی‌شوند، اما انجام آزمون میزان آبکافت چربی موضوع مهمی به نظر می‌رسد، زیرا آبکافت چربی‌ها در شرایط سرما و انجماد نیز ادامه دارد و نیز این عمل تأثیر شدیدی بر اکسیداسیون چربی و دناتوره شدن پروتئین دارد. اسیدهای چرب آزاد ممکن است با پروتئین‌های میوفیبریل واکنش داده و منجر به انباشتگی پروتئینی شوند. بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان میزان تأثیر آنزیم‌های لیپولیتیک بر کاهش چربی و سایر ترکیبات ماهی می‌باشد. هیدرو پراکسیدها از واکنش با چربی‌های غیراشباع که توسط آنزیم لیپواکسیژناز کاتالیز می‌شود، حاصل می‌گردند. این آنزیم روی اسیدهای چربی که شامل پیوندهای دوگانه مزدوج

(Conjugated) بوده و در حالت سیس می باشد، عمل می‌نماید. وجود اسید چرب آزاد به واسطه اکسایش و آبکافت آنزیمی چربی‌های استری بوده و یک ترکیب نامطلوب می‌باشد چون اسیدهای چرب آزاد می‌توانند به ترکیبات فرار بدبو تبدیل شوند (Ozyurt *et al.*, 2009; Aubourg *et al.*, 2005; Losada *et al.*, 2007).

از مهم‌ترین پارامترهای کیفی که مستقیماً بر ظاهر فرآورده، بازده فرآورده و کیفیت آن مانند آبدار بودن اثر می‌گذارد، ظرفیت نگهداری آب است (Zhuang *et al.*, 2008). میزان ظرفیت نگهداری آب در روز صفر ۸۶ درصد تا ۵۲/۶۶ درصد در روز دوازدهم بود. کاهش ظرفیت نگهداری آب ماهیچه بعد از مرگ، به عنوان اثری از تغییر ساختاری در ماهیچه، توصیف می‌شود، چنین تغییراتی باعث انقباض شبکه میوفیبریل، تغییر شکل پروتئین میوزین و افزایش فضای خارج سلولی می‌گردند. ظرفیت نگهداری آب فیله ماهی سرخو حرا نگهداری شده در یخچال طی دوره‌ی نگهداری کاهش یافت ($p<0/05$) (جدول۲). مطالعاتی مشابه توسط Attouchi و Sadok در سال ۲۰۱۰ و Mørkøre و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام شده است. تغییرات اولیه پس از مرگ همانند تغییرات pH، تجزیه و اکسیداسیون پروتئین‌ها، نقش مؤثری در توانایی گوشت برای حفظ رطوبت ایفا می‌کنند. میزان ظرفیت نگهداری آب در طی دوره‌ی نگهداری کاهش یافت که احتمالاً کاهش ظرفیت نگهداری آب با زمان نگهداری در سرما در ارتباط مستقیم است به‌طوری‌که افزایش زمان باعث از دست رفتن آب ماهیچه می‌گردد (Sharifian *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر، تغییرات ظرفیت نگهداری آب ممکن است با افزایش pH ، از هم گسیختگی سیتوپلاسم سلول ماهیچه‌ای، فاصله ماتریکس بین سلولی، توسعه فضای دورن میوفیبریل و جمع شدگی فیبرهای عضله همراه باشد (شکل ۳).

میزان اولیه بار باکتریایی در گوشت ماهی‌ها به عوامل متعددی از جمله میزان دست‌کاری در هنگام تهیه فیله، بهداشت افراد و آلودگی وسایل به کار رفته بستگی دارد. میزان بار باکتریایی مزوفیل در روز ابتدا و انتهای دوره نگهداری به ترتیب ۲/۷۷ $\log_{10}$ cfu/g و ۱۲/۷۳ $\log_{10}$ cfu/g بود. میزان بار باکتریایی سرمادوست در روز ابتدا و انتهای دوره نگهداری به ترتیب ۳/۴۳$\log_{10}$ cfu/g و ۹/۱۳ $\log_{10}$ cfu/g بود. الگوی رشد باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست مورد مطالعه در کل دوره نگهداری، روند افزایشی داشت اما در روز ۹ نگهداری، بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست به ترتیب ۱۰/۴۳ $\log_{10}$ cfu/g و ۷/۴۷ $\log_{10}$ cfu/g رسید که بالاتر از حد مجاز اعلام شده برای ماهی خام (۷ $\log_{10}$ cfu/g) است (Sallam, 2007). باکتری‌های مزوفیل بیشترین جمعیت میکروارگانیسم‌های معمول را تشکیل می‌دهند و قادرند در دمای ۴۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد نمایند. نتایج تغییرات بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست باکتری‌های سرمادوست گرم منفی مثل سودوموناس-ها، آلتروموناس‌ها، شوانلاها و فلاووباکترها بیشترین گروه میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی و فراورده-های آن در شرایط نگهداری هوازی در دماهای سرد می‌باشند (Sallam, 2007). کمیته بین‌المللی ویژگی‌های میکروبیولوژی مواد غذایی (ICMSF, 1978) حد مجاز را برای میزان بار باکتریایی کل در ماهی‌های خام $Log_{۱۰}$.CFU/g ۷ تعیین کرده است. میزان باکتری های مزوفیل و سرمادوست فیله سرخو حرا در روز ۹ نگهداری در یخچال بالاتر از حد مجاز بود. طول مدت ماندگاری ماهی سرخو حرا تقریبا ۸-۷ روز بود که نشان دهنده همبستگی خوب آنالیز حسی فیله ماهی سرخو حرا با آنالیز میکروبیولوژیکی بود. نتایج مشابه توسط Özogul و همکاران در سال ۲۰۰۸ و Sharifian و همکاران در سال ۲۰۱۴ در ماهی هامور گزارش شده است.

حد نهایی مطلوبیت میانگین امتیازات سنجش حسی فیله‌های بخارپز سرخو حرا نگهداری شده در یخچال برای نمونه‌های ماهی جهت مصرف انسانی تا امتیاز ۳ درنظر گرفته شد. کلیه شاخص‌های حسی پخته از

روز ۹ نگهداری در یخچال به درجه عدم مقبولیت رسیدند. این نتیجه با نتایج حاصل از آزمایشات میکروبی و فیزیکوشیمیایی منطبق بود. فیله‌های ماهی سرخو حرا بواسطه اکسیداسیون چربی و فساد میکروبی دچار بدبویی، رنگ پریدگی و طعم نامطلوب در طول دوره می‌شود. نتیجه‌ای که از ارزیابی حسی بدست آمد نشان داد که تمامی امتیازات با گذشت زمان نگهداری بطور معنی‌دار کاهش پیدا کردند ($p <$ ۰/۰۵). طول مدت ماندگاری ماهی سرخو حرا طبق نتایج حسی، میکروبی و فیزیکوشیمیایی تقریبا ۸-۷ روز بود. نتایج مشابه توسط Sharifian و همکاران در سال ۲۰۱۴ در ماهی هامور معمولی نگهداری در یخچال با طول مدت ماندگاری ۹-۸ روز، Özogul و همکاران در سال ۲۰۰۸ در ماهی هامور سفید نگهداری در یخ و یخچال با طول ماندگاری به ترتیب ۱۶ و ۴ روز نشان دادند.

نتایج ساختار بافتی فیله ماهی سرخوی حرا *Lutjanus argentimaculatus* طی نگهداری در یخچال در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج مطالعه حاضر مطابق نتایج Sharifian و همکاران در سال ۲۰۱۱ و Sharifian و همکاران در سال ۲۰۱۴ است. فیبرهای عضلانی یکی از مهمترین شاخص‌های تعیین ویژگی بافت عضله ماهی است (Wang *et al*., 2019). بررسی عکس‌های میکروسکوپی از فیبرهای عضلانی فیله سرخو حرا نشان می‌دهد که با افزایش روزهای نگهداری فیبرهای عضلانی کم کم تخریب و فاصله بین آنها افزایش یافته است. تغییرات ظرفیت نگهداری آب ممکن است در نتیجه تغییر در پروتئین‌های میوفیبریل مرتبط با فعالیت آنزیم‌های پروتئیولیتیک و تغییرات ساختاری عضله شامل تخریب شبکه میوفیلامنت‌ها، دناتوره شدن میوزین و افزایش فضای خارج سلولی، افزایش فاصله بین سلولی در فیبرهای عضلانی، چروک خوردگی میوفیبریل‌ها ناشی از جمود نعشی در نتیجه تغییر pH باشد (Haffezparast-Moadab *et al*., 2018).

ماهی سرخو حرا یکی از ماهیان دریایی تجاری در جنوب کشور ایران است مطالعه تغییرات آنالیز تقریبی، خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی، ساختار بافتی و خواص حسی فیله ماهی سرخو حرا طی نگهداری در یخچال به مدت ۱۲ روز نشان داد که طول مدت ماندگاری فیله سرخو حرا تقریبا ۸-۷ روز تخمین زده شده است. ساختار بافتی مشاهده شده نشان داد که فضای بین سلولی و چروکیدگی سطح فیبرها بعد از ۹ روز نگهداری افزایش یافت.

## سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده با شماره ۱۱۷ مورخ ۹۵/۲/۱۹ از محل اعتبارات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد.

## منابع

AOAC. 1984. Official methods of analysis (14th Ed.). Washington, DC: Association of Official analytical Chemists.

Attouchi M.and Sadok S. 2010. The effect of powdered thyme sprinkling on quality changes of wild and farmed gilthead sea bream fillets stored in ice. Food Chemistry. 119:1527–1534.

Aubourg SP., Rodríguez A. and Gallardo J. 2005. Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of catching season and commercial presentation. European Journal of Lipid Science and Technology. 107: 316–323.

Bahmani ZA., Rezaei M., Hosseini SV., Regenstein JM., Böhme K., Alishahi A. and Yadollahi F. 2011. Chilled storage of golden gray mullet (*Liza aurata*). LWT- Food Science and Technology. 44: 1894-1900.

Balachandran KK. 2001. Postharvest technology of fish and fish products. New Delhi, India: Daya Publishing House.

Bermúdez-Aguirre D. and Welti-Chanes J. 2016. Chilled foods: effects on shelf-life and sensory quality. In Encyclopedia of Food and Health. Reference module in food science (pp. 14-18). Oxford: Elsevier.

Cakli S., Kilinc B., Cadun A., Dincer T. and Tolasa S. 2007. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea

rainbow trout: variation between fillet sections and the impact of ice and frozen storage. Journal of Food Science. 67:1933–1938

Ojagh SM. 2010. Effect of chitosan coating enriched with cinnamon essential oil rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. Thesis of Ph.D. degree. Faculty of Natural Resources and Marine Sciences. Tarbiat Modares University. 105 p (In Persian)

Özogul F., Őzogul Y. and Kuley E. 2008. Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 °C). Food Chemistry. 108:933–941.

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: 505–510.

Razavi Shirazi H. 2008. Seafood Processing, Principle of heading and processing. Pars Negar Pub. 325 pages.

Romiani L. and Khosravizadeh M. 2017. Comparing sensory, textural and color properties of (*Acanthopagrus latus*) under modified atmosphere packaging at -18 °C. Journal of Marine Science and Technology. In press.

Sallam KI. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 18: 566–575.

Seifzadeh M., Motalebi A. and Mazloumi MT. 2012. Effect of coating time by sodium alginate edible film on quality and shelf life of frozen Kika (*Clupidaes delicatula*). Journal of Marine Science and Technology. 10: 65-77.

Sharifian S., Zakipour E., Mortazavi MS. and Arshadi A. 2011. Quality assessment of tiger tooth croaker (*Otolithes ruber*) during ice storage. International Journal of Food Properties. 14: 309-318.

Sharifian S., Alizadeh E., Mortazavi MS. and Shahriari Moghadam M. 2014. Effects of refrigerated storage on the microstructure and quality of Grouper (*Epinephelus coioides*) fillets. Journal of Food Science and Technology. 51: 929-935.

Shakila R., Jeyasekaran G. and Vijayalakshmi S. 2005. Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seerfish (*Scomberomorus commersonii*) chunks during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology. 42: 438-443.

bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. Food Control. 18: 391-397.

Coniza EB., Catacutan MR. and Caballero PA. 2012. Grow-out culture of Mangrove Red Snapper (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal, 1775) in ponds. SEFDEC Aquaculture Department, Philippines.

Dey SS. And Dora KC. 2010. Effect of sodium lactate as cryostabilizer on physico-chemical attributes of croaker (*Johnius gangeticus*) muscle protein. Journal of Food Science and Technology. 47:432–436

FAO. 1990. Regional seafarming resource Atlas. FAO/UNDP regional seafarming development and demonstration project. RAS/ 86/024.

Goulas AE. and Kontominas MG. 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.

Hafezparast-Moadab N., Hamdami N., Dalvi-Isfahan M. and Farahanaky A. 2018. Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 47: 81-87.

Husain R., Suparmo, Harmayani E. and Hidayat C. 2016. Kinetic oxidation of protein and fat in Snapper (Lutjanus spp.) fillet during storage. AIP Conference Proceedings 1755, 050006.

ICMSF. 1978. Sampling for microbiological analysis (2nd ed.). In microorganisms in foods, Vol. 2 Toronto, Canada: University of Toronto Press: The International Commission on Microbiological Specifications for Foods.

Jeyasekaran G., Maheswari K., Ganesan P., Jeya Shakila R. and Sukumar D. 2005. Quality changes in ice stored tropical wire-netting reef cod (*Epinephelus merra*). Journal of Food Processing and Preservation. 29:165–182

Losada V., Barros-Velazquez J., and Aubourg SP. 2007. Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. LWT. Food Science and Technology. 40: 991–999.

Kilincceker O., Dogan IS. and Kucukoner E. 2009. Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. LWT - Food Science and Technology. 42: 868–873.

Mørkøre T., Hansen AA., Unander E. and Einen O. 2002. Composition, liquid holding capacity and mechanical properties of farmed

Woyewoda AD., Shaw SJ., Ke PJ. and Burns BG. 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality.Canadian technical report of fish and aquatic science, 1448p.

Wu L., Pu H. and Sun D. 2019. Novel techniques for evaluating freshness quality attributes for fish: A review of recent developments. Trends in Food Science and Technology. 83: 259-273.

Zhuang H., Savage EM., Smith DP. and Berrang ME. 2008. Effect of dry-air chilling on warner-bratzler shear force and water-holding capacity of broiler breast meat deboned four hours postmortem. International Journal of Poultry Science. 7:743-748.

Siripatrawan U. and Noipha S. 2012. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. Food Hydrocolloid. 27: 102-108.

Suvanich V., Jahncke ML. and Marshall DL. 2000. Changes selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. Food Science. 65(1): 24-29.

Wang L., Shi L., Jiao C., Wu W., Li X., Wang J., Qiao Y., Liao L., Ding A., Xiong G. and Zhang M. 2019. Effects of different sugars on the thermal properties and microstructures of Mandarin fish (*Siniperca chuats*), LWT - Food Science and Technology. 99: 84-88.

# Effect of storage at refrigerator (4 ºC) on microstructure and quality properties of Mangrove red snapper *Lutjanus argentimaculatus*

Ainaz Khodanazary[*1], Negin Salamat[2]

1. Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

**(DOI)**: 10.22113/jmst.2019.158495.2232

## Abstract

Refrigerated storage is one of the simplest of preserving for short time of fish. The aim of the study was to investigate the effects of refrigerated storage on the microstructure (change of muscle cells), proximate composition (moisture, protein, fat and ash), physicochemical (total viable bases nitrogen, pH, thiobarbituric acid, free fatty acid, water holding capacity), microbial (mesophillic and psychrotrophic count) and sensory properties of Mangrove red snapper fillet with mean weight 250.19 g at 0, 3, 6, 9 and 12 days during storage at 4 ºC. According results, fat and protein content of *Lutjanus argentimaculatus* of fillet significantly decreased and moisture and ash contents of Mangrove red snapper fillet significantly increased during refrigerator storage ($p<0.05$). Total viable bases nitrogen, pH, thiobarbituric acid and free fatty acid of *Lutjanus argentimaculatus* fillet significantly increased ($p<0.05$). Water holding capacity of Mangrove red snapper fillet decreased from 86% to 52.66% ($p<0.05$). Mesophillic and psychrotrophic count of *Lutjanus argentimaculatus* fillet increased from 2.77 $\log_{10}$ cfu/g and 3.43 $\log_{10}$ cfu/g to 12.73 $\log_{10}$ cfu/g and 9.13 $\log_{10}$ cfu/g during storage at refrigerator, respectively. Cellular tissue damage was observed after 9 days of storage. Sensory analysis significantly decreased during storage. According to microbial, physicochemical and sensory analysis, the shelf life of Mangrove red snapper was approximately 7-8 days.

**Keywords**: *Lutjanus argentimaculatus*, Microstructure, Quality, Storage at refrigerator, Shelf life.

## List of tables & figures

Table1- Changes of proximate composition of Mangrove red snapper fillet during storage at refrigerator for 12 days
Table 2- Changes of Physicochemical properties of Mangrove red snapper fillet during storage at refrigerator for 12 days
Fig 1- Changes of mesophilic and psychrotrophic bacteria counts of Mangrove red snapper fillet during storage at refrigerator for 12 days
Fig 2- Changes of sensory properties of Mangrove red snapper fillet during storage at refrigerator for 12 days
Fig 3- Optical microscope images of microstructure of *Lutjanus argentimaculatus* muscle during different days of storage at refrigerator

[*]Corresponding author, E-mail: khodanazary@yahoo.com