بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶
http://japu.gau.ac.ir

بررسی میزان اکسیداسیون چربی در ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *(Oncorhynchus mykiss)* حاوی عصاره جلبک قهوه‌ای *(Iyengaria stellata)* طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد

امید اسدی فارسانی[۱]، *معظمه کردجزی[۲]، بهاره شعبانپور[۳]، سید مهدی اجاق[۴] و انسیه جمشیدی[۱]

[۱]دانشجوی دکتری گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استاد گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۴]دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ؛ تاریخ پذیرش:

چکیده

با توجه به میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع موجود در عضله ماهی و افزایش تقاضای مواد غذایی آماده مصرف مثل ناگت، اثر خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک *Iyengaria stellata* روی ماندگاری ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد بررسی شد. تیمارهای مطالعه شامل تیمار اول شاهد (ناگت بدون غوطه‌وری در محلول عصاره جلبک)، تیمار دوم (ناگت با غوطه‌وری در محلول یک درصد عصاره جلبک)، تیمار سوم (ناگت با غوطه‌وری در محلول دو درصد عصاره جلبک) و تیمار چهارم (ناگت با غوطه‌وری در محلول سه درصد عصاره جلبک) بود. آزمایش‌های شیمیایی اسیدچرب آزاد، پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در ماه‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد صورت پذیرفت. طبق نتایج طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها میزان اسیدچرب آزاد، پراکسید و تیوباربیوتیک اسید افزایش معنی‌داری را نشان دادند ($p<۰/۰۵$). با توجه به آنالیز آماری در پایان دوره نگهداری تیمار سه درصد و شاهد به ترتیب کمترین و بیشترین میزان اسیدچرب آزاد، پراکسید و تیوباربیتوریک اسید را نشان دادند. نتایج این تحقیق مشخص کرد که، عصاره جلبک *Iyengaria stellata* در کاهش نرخ فساد شیمیایی ناگت‌ها طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد مؤثر است، و تیمار سه درصد بهترین عملکرد را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: جلبک، اکسیداسیون، ناگت، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت و صنعتی شدن شهرها، تمایل به مصرف محصولات تولید شده از گوشت ماهی نیز با توجه به ارزش تغذیه‌ای آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق برای تولید ناگت از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) استفاده شد. بنابراین با

*مسئول مکاتبه: kordjazi.m@gmail.com

توجه به اهمیت اسیدهای چرب غیراشباع و پتانسیل جلبک‌ها در افزایش سلامت غذایی، اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک قهوه‌ای *(Iyengaria stellate)* بر مدت زمان ماندگاری ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی گردید. از جمله فرآورده‌های دریایی با ارزش افزوده، محصولات لعاب‌دهی شده و سوخاری شده می‌باشند که بخش گسترده‌ای از بازار مواد غذایی آماده مصرف را تشکیل می‌دهند. همان‌طور که حجم تجارت جهانی این قبیل محصولات نشان می‌دهد، طعم و راحتی آماده‌سازی این محصولات، مورد پسند اغلب مصرف‌کنندگان است (ونوگوپال، ٢٠٠٦). ناگت ماهی که شامل تکه ماهی سوخاری شده است به دو طریق تولید می‌گردد. نوع اول از طریق تهیه فیله ماهی بدون استخوان و سپس لعاب‌دهی و سوخاری شدن بوده که پس از سرخ کردن مقدماتی در روغن و انجماد، بسته‌بندی و نگهداری می‌شود. نوع دوم از مینس یا سوریمی ماهی مخلوط شده با ترکیبات مختلف تهیه شده و سپس تحت فرایند لعاب‌دهی و سوخاری شدن قرار می‌گیرد. که مصرف کننده برای استفاده از این محصول بعد از انجمادزدایی فقط مرحله پخت نهایی را انجام می‌دهد که معمولاً شامل سرخ کردن در روغن می‌باشد. (ونوگوپال، ٢٠٠٦). ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *(Oncorhynchus mykiss)* یکی از مطلوب‌ترین ماهیان پرورشی ایران بوده که تقاضای مصرف آن در حال افزایش است (عادلی و بقایی، ٢٠١٣). از خصوصیاتی که این ماهی را مورد توجه قرار داده، سازش آن با شرایط پرورش متراکم است. از طرف دیگر در انتخاب غذا زیاد سخت‌گیر نیست و از سرعت رشد خوبی نیز برخوردار است. این ماهی منبع بسیار خوب آهن است و آهن در خون‌سازی و همچنین افزایش مقاومت بدن در برابر میکروب‌ها نقش مهمی دارد، گوشت این ماهی به‌عنوان منبع غنی پروتئین، به آسانی در دستگاه گوارش هضم و جذب می‌شود و تقریبا بطور کامل در بدن مصرف می‌شود. هم‌چنین گوشت این ماهی سرشار از ویتامین‌های گروه ب می‌باشد که این ویتامین‌ها نیز در خون‌سازی مؤثرند (ذوالفقاری، ٢٠٠٩). جلبک‌ها یکی از منابع تجدیدپذیر محیط‌زیست دریایی هستند که بر اساس رنگدانه، به سه گروه جلبک‌های قهوه‌ای (فئوفیت‌ها)، قرمز (ردوفیت‌ها) و سبز (کلروفیت‌ها) طبقه‌بندی می‌شوند (نوموراو همکاران، ٢٠١٣). این گیاهان دریایی منبع غنی از ترکیبات زیست فعال با پتانسیل دارویی و پزشکی به شمار می‌روند که قادر به تولید انواع زیادی از متابولیت‌ها با طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی می‌باشند (کووس و همکاران، ٢٠١٠). عصاره جلبک‌ها منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که جلبک‌های قهوه‌ای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقایسه با جلبک‌های قرمز و سبز از خود نشان می‌دهند (پارک و همکاران، ٢٠٠٤). ترکیبات طبیعی با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در جلبک‌ها شامل: پلی‌فنل‌ها، پلی‌ساکاریدها، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها، ترپن‌ها، اسیدآسکوربیک و آلکالوئید می‌باشند. این ترکیبات به سرعت با انواع اکسسیژن واکنش‌پذیر مانند رادیکال هیدروکسیل و پراکسید که خود در نتیجه آسیب‌های اکسیداتیو در سلول‌ها به وسیله‌ی عوامل درون‌زا و برون‌زا تشکیل شده‌اند، واکنش می‌دهند این واکنش منجر به تاخیر یا کاهش اکسیداسیون شده و همچنین از طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله سرطان جلوگیری می‌کند (کوکیلام و همکاران، ٢٠١٣). اگرچه مطالعات گسترده‌ای درمورد طبقه‌بندی و پراکندگی ماکروجلبک‌ها در دریاهای ایران انجام شده است اما اطلاعات در مورد ترکیب شیمیایی و ارزش غذایی از ماکروجلبک‌های دریایی موجود در ایران بسیار محدود است. با توجه به فلور نسبتاً غنی آن‌ها در سواحل جنوبی ایران و نیز

اذعان به پتانسیل بالای جلبک‌های قهوه‌ای در توسعه تولیدات غذایی و همچنین طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی مثل فعالیت ضدمیکروبی، ضدقارچی، آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی که دارند و افزایش روز افزون تحقیقات در این زمینه، ضرورت انجام این پژوهش هویدا می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی میزان اکسیداسیون چربی در ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *(Oncorhynchus mykiss)* حاوی عصاره جلبک قهوه‌ای *(Iyengaria stellata)* طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری: جلبک مورد استفاده در این تحقیق از سواحل کانی در جزیره قشم جمع‌آوری گردید. جلبک‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و تا انجام آزمایشات لازم در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مرحله بعد، نمونه‌های خشک جلبکی (آون با دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد) با استفاده از آسیاب پودر شده، سپس عصاره‌گیری در سه مرحله انجام شد. مرحله اول و دوم عصاره‌گیری با استفاده از آب‌مقطر و مرحله سوم با اتانول صورت گرفت. به‌طور خلاصه، ۵۰ گرم پودر جلبکی با یک لیتر آب‌مقطر دیونیزه مخلوط گردید (به نسبت ۱ به ۲۰) و در دمای اتاق با دور ۲۰۰ rpm به‌مدت ۲٤ ساعت درون دستگاه انکوباتور شیکردار انکوبه شد. سپس مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با دور rpm ۳۵۰۰ در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید. کنسانتره و عصاره هر دو فریزدرایر شده و سپس وزن شدند. به کنسانتره به‌دست آمده از مرحله اول، مجدد به نسبت ۱ به ۲۰ آب‌مقطر اضافه و روند بالا دوباره تکرار شد. به‌این ترتیب کنسانتره و عصاره دوم به‌دست آمد. کنسانتره و عصاره به‌دست آمده از مرحله دوم نیز فریزدرایر شده، و وزن گردیدند. به کنسانتره به‌دست آمده از مرحله دوم به نسبت ۱ به ۲۰ اتانول اضافه، و روند بالا تکرار شد تا تمام عصاره‌های باقی مانده استخراج شود. اتانول اضافه شده با استفاده از روتاری خارج، و سپس فریزدرایر گردید. تمام عصاره‌های به‌دست آمده از سه مرحله با هم مخلوط گردید و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان تهیه محلول جهت غوطه‌وری فیله‌ها نگهداری شدند (محمدی و همکاران، ۲۰۱٦).

آماده‌سازی نمونه‌ها: برای تولید ناگت از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به وزن ۵۰±۵۰۰ گرم استفاده شد. ۵ کیلوگرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از بازار ماهی‌فروشان شهر گرگان خریداری شده، سپس ماهی‌ها درون یخ قرار گرفته، (به‌این صورت که یک لایه یخ یک لایه ماهی و در آخر هم یک لایه یخ روی ماهی‌ها قرار داده شد) و به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا ماهی‌ها با استفاده از آب سرد کاملاً شسته شده، تخلیه شکمی شده و سپس سر، دم و باله‌های آن جدا شد و ماهی از ناحیه ستون مهره‌ها با یک برش طولی به دو قسمت تقسیم شد (هر ماهی دو فیله) که بعد از آن استخوان‌گیری از ماهی‌ها انجام و ماهی‌ها پس از این مرحله پوست‌کنی شدند. گوشت ماهی‌ها به قطعات مستطیلی ۲×۳×۵ سانتی‌متر و ۳ ±۲۷ گرمی قطعه قطعه شدند و بعد از بسته‌بندی در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد گردیدند. در مرحله بعد محلول ۱، ۲ و ۳ درصد عصاره جلبکی در آب مقطر همراه با هم‌زدن و گرمای ملایم (٦۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد) تهیه شدند (لو و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین برای یکسان بودن شرایط برای همه فیله‌ها محلول صفر درصد (حاوی آب مقطر و فاقد عصاره خشک جلبک) تهیه گردید. فیله‌ها به‌مدت یک دقیقه در محلول‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ درصد تهیه شده به نسبت یک به دو (فیله- عصاره)

غوطه‌ور شدند، سپس فیله‌ها را خارج کرده و به‌مدت ٣٠ ثانیه اجازه داده شد تا در دمای اتاق آب‌چک انجام شود (مفتون‌زاد و همکاران، ٢٠٠٨).

آماده‌سازی ناگت: طبق فرمولاسیون چن و هانگ (٢٠٠٨) (آردگندم ٦٥ درصد، نشاسته ٣٠ درصد، نمک ٣ درصد، بکینگ پودر ٢ درصد) لعاب تهیه شد و طی آن هر لعاب با آب ١٠ درجه سانتی‌گراد به نسبت یک مواد خشک و یک‌ونیم آب، به خوبی مخلوط گردید. قطعات تکه شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (سه تکرار برای هر تیمار) در دمای اتاق آردزنی اولیه شده، در لعاب غوطه‌ور گردیده و پس از چکیدن لعاب اضافی پس از یک دقیقه، توسط آردسوخاری پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، ناگت‌ها با استفاده از روغن گیاهی آفتابگردان در سرخ‌کن به‌مدت ١٨٠ ثانیه در دمای ١٩٠ درجه سانتی‌گراد به روش سرخ کردن عمیق سرخ شدند و پس از خنک شدن در دمای محیط، تکرارهای هر تیمار جداگانه درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر ١٨- درجه سانتی‌گراد منجمد گردیدند. آزمایش‌های شیمیایی TBA, FFA, PV، طی سه ماه نگهداری در فریزر ١٨- درجه سانتی‌گراد، در زمان‌های صفر، ماه اول، دوم و سوم نگهداری، روی ناگت‌های تولیدی انجام شد.

اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد: ١٥٠ گرم نمونه خرد شده با ٢٥٠ میلی‌لیتر کلروفرم به‌مدت ١٠ دقیقه با همزن شیشه‌ای زیر هود هم‌زده شد. محلول طی دو مرحله یکبار از کاغذ صافی واتمن شماره ٤ و بار دوم از کاغذ صافی که تا نصف با سولفات‌سدیم خشک پر شده صاف گردید. ١٠ میلی‌لیتر از محلول صاف شده به پتری‌دیش خشک و توزین شده منتقل و به مدت یک ساعت در آون ١٠٥ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به دسیکاتور منتقل نموده و پس از سرد کردن وزن شد. ٢٥ میلی‌لیتر از محلول صاف شده، ٢٥ میلی‌لیتر اتانول ٩٦ درصد یک قطره سود ٠/١ نرمال (یک گرم سود در ١٠٠ میلی‌لیتر اتانول) و دو تا سه قطره فنل‌فتالئین به یک ارلن منتقل و در بن‌ماری تا دمای ٧٠ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از سرد شدن با سود ٠/١ نرمال تیتر شد و میزان اسیدچرب آزاد بر حسب درصد اولئیک‌اسید بر طبق رابطه ٢-١ تعیین گردید (ایگان و همکاران، ١٩٧٩).

اندازه‌گیری پراکسید: ٥٠ گرم نمونه گوشت ماهی در ١٠٠ میلی‌لیتر کلروفرم و ١٠٠ میلی‌لیتر متانول به‌مدت ٢ دقیقه هموژن شد و با عبور از صافی شماره ٤٢ به دکانتور منتقل و به‌مدت ٤-٥ ساعت جهت استخراج چربی در حالت سکون قرار گرفت. بعد از به تعادل رسیدن، وزن بالون روتاری را سنجیده، شیر دکانتور را باز کرده و لایه پایین از محلول دکانتور (کلروفرم) را از کاغذ صافی (کاغذ صافی ٤ در داخل واتمن ١ واقع شود) که دوسوم حجم آن با سدیم‌سولفات خشک پر شده فیلتر و به بالون روتاری انتقال داده شد. پس از استخراج روغن، وزن بالون روتاری با روغن مجددا اندازه‌گیری شد. سپس روغن حاصل به درون ارلن انتقال داده و با ٣٠ میلی‌لیتر از محلول اسیداستیک-کلروفرم با نسبت (٢:٣) مخلوط گردید. ١ میلی‌لیتر از یدیدپتاسیم اشباع به محلول اضافه شده و برای ٢ دقیقه در مکان تاریک انکوبه شد. سپس ٣٠ میلی‌لیتر از آب مقطر و ١ میلی‌لیتر از معرف نشاسته اضافه و با تیوسولفات ٠/٠١ نرمال تیتر گردید. میزان پراکسید بر حسب میلی اکی‌والان پر اکسید در ١٠٠٠ گرم نمونه می‌باشد (ایگان و همکاران، ١٩٧٩).

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید: ١٠ گرم از نمونه ناگت ماهی خرد شده با ٩٧/٥ میلی‌لیتر آب مقطر طی دو مرحله مخلوط گردید. ٢/٥ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ٤ مولار برای رساندن pH آن به ١/٥ اضافه گردید و چند عدد سنگ‌جوش و چند قطره ضدکف اضافه گردید. بالن حرارت داده شد و ٥٠ میلی‌لیتر مایع تقطیر در عرض ١٠ دقیقه از زمان جوش جمع‌آوری شد. ٥ میلی‌لیتر از مایع تقطیر و ٤

میلی‌لیتر معرف تیوباربیوتیک اسید (اسید استیک گلاسیال (۹۰ درصد) ۱۰۰ میلی‌لیتر- ۰/۲۸ گرم تیوباربیوتیک اسید) به لوله آزمایش درب‌دار منتقل گردید و به‌مدت ۳۰ دقیقه در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. یک شاهد هم با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ٤ میلی‌لیتر معرف تهیه گردید. سپس لوله‌ها در آب به‌مدت ۱۰ دقیقه سرد گردید و جذب در مقابل شاهد در ۵۳۸ نانومتر اندازه‌گیری شد (ایگان و همکاران، ۱۹۷۹)

روش تجزیه و تحلیل: تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ١٦ انجام شد. بعد از سه بار تکرار هر آزمون، از نتایج میانگین و انحراف معیار گرفته شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال (a = ۰/۰۵) استفاده گردید.

نتایج

شاخص اسیدچرب آزاد: نتایج بررسی میزان اسیدهای چرب آزاد محصول طی دوره نگهداری و در تیمارهای مختلف در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۱- تغییرات میزان اسیدچرب آزاد تیمارهای مختلف فیله‌ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

تیمار/ زمان (ماه)	۰	۱	۲	۳
شاهد	۰/۸۳±۰/۰۸^{Ca}	۰/٤۳ ±۰/۲۲^{Ca}	۱/٤۳ ±۰/۱۵^{Ba}	۱/۹۵ ±۰/۲۸^{Aa}
ناگت ۱ درصد	۰/۵۰±۰/۱۷^{Cb}	۰/٤۱ ±۰/۰۹^{Ca}	۱/٤۲ ±۰/۱۳^{Ba}	۱/۷۸ ±۰/۲۸^{Ab}
ناگت ۲ درصد	۰/۳۱ ±۰/۰۲^{Bc}	۰/۲۹ ±۰/۰۱^{Bab}	۱/۲۲ ±۱/۲۵^{Aab}	۱/٤۳ ±۰/۳۵^{Ac}
ناگت ۳ درصد	۰/۲۸ ±۰/۰۲^{Bc}	۰/۱٤ ±۰/۰۱^{Bb}	۱/۰٦ ±۰/۰۸^{Ab}	۱/٤۰ ±۰/٤۹^{Ac}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-c) در هر ستون نشان دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-C) در هر ردیف نشان دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان می‌باشند.

طبق نتایج میزان اسیدهای چرب آزاد با افزایش زمان نگهداری در پایان دوره در تمام تیمارها افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). از نقطه نظر مقایسه میان تیمارها در زمان‌های مختلف نگهداری بدین شرح است که: در ماه‌های صفر و سوم نگهداری تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$) اما در ماه‌های اول و دوم نگهداری تیمار شاهد فقط با تیمار سه درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). در انتهای دوره نگهداری تیمار سه درصد کمترین میزان اسیدچرب آزاد را نشان داد که با تیمار دو درصد اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$).

شاخص پراکسید: نتایج بررسی میزان پراکسید محصول طی دوره نگهداری و در تیمارهای مختلف در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- تغییرات میزان پراکسید تیمارهای مختلف فیله‌ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

تیمار/ زمان (ماه)	۰	۱	۲	۳
شاهد	۱۳/٤۱±۱/۰۷^{Ba}	۱۲/۱٤ ±۰/۳۸^{Ba}	۱۲/٦۹ ±۰/۹۳^{Ba}	۲۰/٦۱ ±۱/۳٤^{Aa}
ناگت ۱ درصد	۱۲/۰۵±۱/۰۱^{Ba}	۱۱/٦۲ ±۰/٤٤^{Ba}	۱۲/۱٦ ±۱/٦٤^{Bab}	۱۵/۹٦ ±۰/٦۳^{Ab}
ناگت ۲ درصد	۱۰/٤۲ ±۰/۵۸^{Cb}	۹/٦۱ ±۰/۳۸^{Cb}	۱۲/۱۳ ±۰/۱۹^{Bab}	۱۳/٦٤ ±۰/۲۷^{Ac}
ناگت ۳ درصد	۱۰/۳٦ ±۰/۵۲^{Bb}	۹/۵٦ ±۰/۱۳^{Bb}	۱۰/۳۹ ±۰/٤۵^{Bb}	۱۱/۵۷ ±۰/۸۹^{Ad}

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-d) در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-C) در هر ردیف نشان دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان می‌باشند.

در ماه‌های صفر و اول نگهداری تیمار شاهد و یک درصد با تیمارهای دو و سه درصد اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0/05$)، در ماه دوم نگهداری تیمار شاهد با تیمار سه درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<0/05$) و در ماه سوم نگهداری اختلاف میان همه تیمارها معنی‌دار بود ($p<0/05$). در انتهای دوره تیمار سه درصد کمترین میزان پراکسید را نشان داد.

شاخص تیوباربیتوریک اسید: تایج بررسی میزان تیوباربیتوریک اسید محصول طی دوره نگهداری و در تیمارهای مختلف در جدول ٣ آمده است.

جدول ٣- تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید تیمارهای مختلف فیله‌ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری به‌صورت منجمد.

تیمار/ زمان (ماه)	٠	١	٢	٣
شاهد	$٠/٧٦\pm٠/٥٤^{Da}$	$١/٧٠ \pm٠/٢٣^{Ca}$	$٣/٢٧ \pm٠/٤١^{Ba}$	$٤/٧٨ \pm٠/٣٦^{Aa}$
ناگت ١ درصد	$٠/٦٢ \pm٠/٠٨^{Da}$	$١/٦٣ \pm٠/٠٥^{Ca}$	$٢/٥٣ \pm٠/١٣^{Bb}$	$٤/٣٤ \pm٠/٠١^{Ab}$
ناگت ٢ درصد	$٠/٣٩ \pm٠/٠١^{Ca}$	$٠/٨٤ \pm٠/٢١^{Cb}$	$٢/٠٧ \pm٠/٠٣^{Bc}$	$٣/٤٦ \pm٠/٠٥^{Ac}$
ناگت ٣ درصد	$٠/٣٤\pm٠/٠١^{Ca}$	$٠/٧٤ \pm٠/٢٤^{Cb}$	$١/٦٠ \pm٠/٢٠^{Bd}$	$٢/٦٧ \pm٠/٠٣^{Ad}$

داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-d) در هر ستون نشان دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-D) در هر ردیف نشان دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان می‌باشند.

از نقطه نظر مقایسه میان تیمارها در زمان‌های مختلف نگهداری بدین شرح است که: در ماه صفر نگهداری میان تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$)، در ماه اول نگهداری بین تیمارهای شاهد و یک درصد با تیمارهای دو و سه درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$)، همچنین در ماه‌های دوم و سوم نگهداری میان تیمارها اختلاف معنی‌داری بود ($p<0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

اسید چرب آزاد: میزان اسیدهای چرب شاخصی برای اندازه‌گیری فساد چربی می‌باشد که افزایش آن پس از مرگ ماهی و در طول مدت نگهداری، نشان‌دهنده فساد هیدرولیتیک چربی است (چن و هانگ، ٢٠٠٨). در طول دوره نگهداری کمترین میزان اسیدهای چرب آزاد را تیمار سه درصد نشان داد که می‌تواند به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک *Iyengaria stellata* می‌باشد (محمدی و همکاران، ٢٠١٦). اپریرا و همکاران (٢٠١١) نیز به اثر بخش بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (عصاره جعفری، عصاره پوسته جو) در کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد اشاره نمودند. همچنین در مطالعه اوزیورت و همکاران (٢٠٠٩) روی ارزیابی حسی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی فیله شاه‌ماهی قرمز (*Mullus barbatus*) نیز میزان اسیدهای چرب آزاد در طی زمان نگهداری افزایش معنی‌داری یافت. نتایج تحقیق حاضر با مطالعات ذکر شده مطابقت داشت. در مطالعه کولاکوسکا و همکاران (٢٠٠٦) بر روی ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان اسیدهای چرب در طی دوره نگهداری افزایش یافت.

پراکسید: میزان پراکسید به‌عنوان شاخص اکسیداسیون لیپیدها در نظر گرفته می‌شود و جهت اندازه‌گیری محصولات اولیه اکسیداسیون یعنی هیدروپراکسیدها به‌کار می‌رود. مرحله اول اکسیداسیون به‌این صورت است که، با اتصال اکسیژن به باندهای دوگانه اسیدهای چرب اشباع، هیدروپراکسیدها تشکیل

می‌شوند (لین و لین، ۲۰۰۵). از نقطه نظر زمانی، نتایج به‌دست آمده در این تحقیق بدین شرح می‌باشد: میزان پراکسید تا ماه اول نگهداری در تمام تیمارها کاهش یافت ($p>0/05$)، که کاهش میزان پراکسید در تیمارها به‌دلیل تجزیه پراکسیدها به ترکیبات ثانویه است (رضایی و حسینی، ۲۰۰۸). اما از ماه اول تا پایان دوره نگهداری میزان پراکسید در تمامی تیمارها روند صعودی معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<0/05$). بر طبق نتایج به‌دست آمده در تیمارهای دارای عصاره جلبک *Iyengaria stellata* نسبت به تیمار شاهد روند افزایش شاخص پراکسید با سرعت کمتری مشاهده شد. کمترین افزایش میزان پراکسید در طی دوره نگهداری در تیمار سه درصد مشاهده شد که این امر می‌تواند به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک *I. stellata* می‌باشد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶). در مطالعه سایر محققان نیز از ترکیباتی با خواص آنتی‌اکسیدانی بالا مانند عصاره جعفری بر فیله کپور نقره‌ای (اسکندری و همکاران، ۲۰۱۳) و اضافه کردن اسیدآسکوربیک به فیله ماهی خاویاری تحت بسته‌بندی خلا (رستم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۹) استفاده شد که همانند نتیجه این تحقیق مانع از افزایش سریع شاخص پراکسید شدند.

تیوباربیتوریک اسید: تیوباربیوتوریک اسید شاخصی است که به‌طور گسترده برای ارزیابی میزان اکسیداسیون لیپید مورد استفاده قرار می‌گیرد (ییلدیز، ۲۰۱۶) و یکی از تغییراتی است که سبب فساد محصول می‌شود (اینانلی و همکاران، ۲۰۱۱). اکسیداسیون چربی در ماهیان پس از مرگ به‌دلیل وجود مقادیر بالای اسیدچرب غیراشباع دارای اهمیت فراوان بوده و از عوامل اصلی نامطلوب شدن طعم و مزه در آن‌ها محسوب می‌شوند (گیلن و رویز، ۲۰۰۴). به‌منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در ماهیان، از شاخص تیوباربیتوریک اسید استفاده زیادی می‌شود (کاکلی و همکاران، ۲۰۰۶) که این شاخص میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه مالونآلدهید را نشان می‌دهد (ارکان و همکاران، ۲۰۰۶). از نقطه نظر زمان، طبق نتایج جدول ۳ میزان تیوباربیتوریک اسید برای تمام تیمارها در طی زمان نگهداری افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد، که با نتایج گزارش ماسنیوم و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. شاخص تیوباربیتوریک اسید ممکن است بیان کننده درجه واقعی اکسیداسیون نباشد و با تغییر گونه ماهی، فصل صید، نوع تغذیه ماهی، و عوامل دیگر تا حد زیادی تغییر کند (آبورگ، ۱۹۹۳). افزایش میزان تیوباربیتوریک اسید در طول دوره نگهداری می‌تواند ناشی از دهیدروژن شدن جزیی بافت ماهی، اکسیداسیون لیپید و تولید متابولیت‌های فرار در حضور اکسیژن باشد (چیداناندا و همکاران، ۲۰۰۷). طبق نتایج به‌دست آمده در طول دوره نگهداری کم بودن مقادیر تیوباربیتوریک اسید در تیمارهای حاوی عصاره جلبک *Iyengaria stellata* نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به‌دلیل اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره جلبک دانست (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶؛ چیداناندا و همکاران، ۲۰۰۷). شکیلا و همکاران (۲۰۰۵) محدوده ۲-۱ میلی‌گرم مالونالدهید بر کیلوگرم چربی را به‌عنوان حد قابل قبول مقادیر تیوباربیوتوریک اسید در ماهیان معرفی کردند. براساس نتایج به‌دست آمده، مقادیر تیوباربیوتوریک اسید تمام تیمارها از ماه دوم نگهداری از حد قابل قبول پیشنهادی بیشتر بود.

نتیجه‌گیری کلی

ماهیان با وجود ارزش غذایی بالایی که دارند در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس هستند و ویژگی‌های کیفی آن‌ها در طول نگهداری کاهش می‌یابد. در این مطالعه میزان اکسیداسیون چربی در ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus*

mykiss) حاوی عصاره جلبک قهوه‌ای *Iyengaria stellata* طی نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد عصاره جلبک در فیله‌ناگت اثر مثبتی داشته، به طوری که تیمارهای دارای عصاره جلبک نسبت به تیمار شاهد عمر ماندگاری بیشتری دارند. مقادیر TBA, FFA, PV به‌عنوان شاخص‌های شیمیایی کنترل کیفیت ماهی در نمونه‌های دارای عصاره جلبک کمتر از نمونه شاهد بود که بهترین عملکرد را تیمار دارای سه درصد عصاره جلبک از خود نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که عصاره جلبک قهوه‌ای *I. stellata* سبب حفظ کیفیت ناگت ماهی از لحاظ شاخص‌های شیمیایی محصول می‌شود.

منابع

1. Adeli, A., and Baghaaei, F. 2013. Production and supply of rainbow trout in iran and the world. World Journal of Fish and Marine Sciences. 53: 335-341.
2. A-Pereira de Abreu, D., Maroto, J., Rodriguez, K.V., and Cruz, J.M. 2011. Antioxidant from barley husks impregnated in film of low-density polyethylene and effect over lipid deterioration of frozen cod (*Gadus mohua*). Journal of Food Science and Agriculture. 92: 427-432.
3. Aubourg, S.P. 1993. Interaction of malondialdehyde with biological molecules new trends about reactivity and significance. Journal of Food Science and Technology. 28: 323-335.
4. Cakli, S., Kilinc, B., Cadum, A., Dincer, T., and Tolasa, S. 2006. Effect of gutting and ungutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bream (*Sparus aurata)* an sea bass (*Dicentrarchus labrax)* stored in ice. Journal of Food Science and Nutrition. 46: 519-527.
5. Chen, H., and Huang, Y. 2008. Rheological properties of HPMC enhanced surimi analyzed by small-and larg-strain tests-II: effect of water content and ingredients. Journal of Food Hydrocolloids. 22: 313-322.
6. Chidanandaiah, Keshri, R.C., and Sanyal, M.K. 2007. Effect of sodium alginate coating with preservatives the quality of meat patties during refrigerated (4˚C) storage. Journal of Food Muscle. 20: 275-292.
7. Cox, S., Abu-Ghannam, N., and Gupta, S. 2010. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. International Food Research Journal. 17: 205-220.
8. Erkan, N., Ozden, O., Alakavuk, D.U., Yidirim, S.Y., and Lnugur, M. 2006. Spoilage and shelf life of sardines *(Sardina plichardus)* packed in modified atomospher. Journal of European Food Research Technology. 222: 667-673.
9. Eskandari, S., Hoseini, H., Hoseini, S.A., and Shirabi, A. 2013. The effect of antioxidation and antibacterial extracts of parsley on silver carp during storage at refrigerator temperature (4 °C). Journal of Food Science and Technology. 2: 165-172.
10. Guillen, M.D., and Ruiz, A. 2004. Formation of hydroperoxy and hydroxyal kenals during thermal oxidative degradation of sesame oil monitored by proton NMR. Journal of Food Lipid Science and Technology. 106: 680-687.
11. Igan, J.O., King, J.A., Pearson, A.M., and Gray, I.I. 1979. Influence of heme pigments, nitric and non-heme iron on development of warmed-over flavore (WOF) in cooked meat. Journal of Agriculture and Food. 27: 830-842.
12. Inanli, A., Oksuziepe, G., Ozpolat, E., and Coban, O. 2011. Effect of acetic acid and different salt concentrations on the shelf-life of caviar from rainbow trout *(Oncor*hyncuss *mykiss)*. Journal of Animal and Veterinary Advance. 10: 3172-3178.

13. Kokilam, G., Vasuki, S., and Sajitha, N. 2013. Biochemical composition, alginic acid yield and antioxidant activity of brown seaweeds from Mandapam region, Gulf of Manner. Journal of Applied Pharnaceutical Science. 3: 99-104.
14. Kolakowska, A., Zienkowicz, L., Domiszewski, Z., and Bienkiewicz, G. 2006. Lipid changes and quality of whole and gutted rainbow trout during storage in ice. Acta Ichthyologicaet Piscatoria. 36(1): 39-47.
15. Lin, C.C., and Lin, C.S. 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. Journal of Food Chemistry. 16(2): 169-175.
16. Luo, F., Liu, D., Ye, X., Wei, Y., and Liu F. 2009. Alginate–calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4°C. Journal of Food Science and Agriculture. 89: 848-854.
17. Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., and Marcotte, M. 2008. Shelf life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. Journal of Food Science and Technology. 43: 951-957.
18. Masnium, P., Soottawat, B., and Visessanguan, W. 2005. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf fish extension of refrigerate seabass slices. Journal of Food Science and Technology. 38: 745-756.
19. Mohammadi, E., Shabanpour, B., and Kordjazi, M. 2016. Evaluation of antioxidant and antibacterial activity of brown algae (*Iyengaria stellata*) collected from the shores of the Persian Gulf. Journal of Physiology and Biotechnology Agriculture.
20. Nomura, M., Kamogawa, H., Susanto, E., Kawagoe, C., Yasui, H., Hosokawa, M., and Miyashita, K. 2013. Seasonal variations of total lipid, fatty acid composition, and fucoxanthin contents of (*Sargassum horneri)* and (*Cystoseria hakodatensis)* from the northern seashore of Japan. Journal of Applied Phycology. 25: 1159-1169.
21. Ozyurt, G., Kuley, E., Ozkutuk, S., and Ozogul, F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet *(Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. Journal of Food Chemistry. 114: 505-510.
22. Park, P.J., Shahidi, F., and Jeon, Y.J. 2004. Antioxidant activities of enzymatic extracts from and edible seaweed *(sargassum horneri)* using ESR spectroscopy. Journal of Food Lipids. 11: 15-27.
23. Rezaei, M., and Hosseini, S.F. 2008. Quality Assesssment of farmed rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* during chilled Storage. Journal of Food Science. 73: 93-96.
24. Rostamzad, H., Shabanpour, B., Kashaninejad, M., and Shabani, A. 2009. Inhibitory impacts of natural antioxidants (ascorbic and citric acid) and vacuum packaging on lipid oxidation in frozen Persian sturgeon fillets. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 9: 279-292.
25. Shakila, R., Jeyasekaram, G., and Vijayalakshmi, S. 2005. Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seer fish (*Scomberomorus commersonii)* chuks during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology. 42: 438-443.
26. Venugopal, V. 2006. Seafood Processing. CRC Press. 485p. www.australianseafood.com
27. Yildiz, P.O. 2016. Effect of thyme and rosemary essential oils on the shelf-life of marinated rainbow trout. The Journal of Animal and Plant Sciences. 26: 665-673.
28. Zolfaghari, M. 2009. The effect of salt, packaged in vacuum and simultaneous effect of these on the shelf-life of fish fillets rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* during storage at a temperature of -4 °C. Journal of Food Science and Technology. 31: 35-44.