تاثیر آب لیمو، آب نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن بر زمان ماندگاری فیله روکش شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در شرایط انجماد و یخچال

نائره بشارتی [1*]

۱. مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
naerehbesharati1344@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۵

این مقاله برگرفته از سایر فعالیت‌های پژوهشی در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان است.

چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت جهان، نقش آبزیان در تغذیه، افزایش ماندگاری و نیز تغییر طعم آن موردتوجه بوده است. در این تحقیق که در سال ۱۳۹۵ انجام شد با افزایش آب‌لیمو، آب‌نارنج، پودر سوخاری و آویشن به فیله روکش شده ماهی قزل‌آلا، در شرایط انجماد ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ماه کل بازهای فرار، تری متیل آمین، تیوباربیوتریک اسید و همچنین در یخچال به مدت ۷ روز بازهای فرار اندازه‌گیری شد. فیله ماهی با افزایش ۶ درصد وزنی آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن به‌صورت جداگانه با آرد گندم، نمک و کربنات سدیم که به نسبت ۱/۵: ۱ با آب مخلوط شده بود، روکش گردید. نمونه شاهد بدون عصاره‌ها تهیه شد. فیله ماهی به اندازه ۵ دقیقه در این مخلوط باقی ماند و در شرایط انجماد برای بررسی زمان ماندگاری در ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ماه و در یخچال به مدت ۷ روز نگهداری شد. مقدار بازهای فرار به ترتیب در نمونه‌های حاوی آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن ۲۱/۴۵، ۲۴/۰۵ و ۲۶/۷۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در مقایسه با شاهد ۳۵/۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم پایین‌تر بود. تری متیل آمین به همین ترتیب ۱/۱، ۱/۲۵ و ۱/۳۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در مقایسه با شاهد ۲/۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم، مقادیر کمتری داشت و تیوباربیوتریک اسید به ترتیب ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با شاهد ۰/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نزدیک و یا کمتر بود؛ بنابراین ماندگاری فرآورده‌ها به ترتیب آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن در فریزر نسبت به شاهد بیشتر دیده شد. میزان بازهای فرار ماهی اندود شده با عصاره‌ها در یخچال اندازه‌گیری شد. بازهای فرار در ماهی اندود شده با عصاره آب‌لیمو به ۲۳/۵۲ و آب‌نارنج به ۳۳ و پودر سوخاری همراه با آویشن به ۳۲/۵ در مقایسه با ماهی شاهد که به ۴۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم در روز هفتم رسید نشان می‌دهد در طول نگهداری در یخچال نیز عصاره آب‌لیمو، آب‌نارنج و سوخاری همراه با آویشن به ترتیب، ماندگاری بیشتری ایجاد می‌کنند.

واژگان کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، آب‌لیمو، آب‌نارنج، پودر سوخاری و آویشن، ماندگاری

مقدمه

ماهی دارای ارزش غذایی بسیار بالا و کامل‌ترین منبع پروتئین است (Bahrani *et al.,* 2019). همچنین مصرف ماهی و سایر آبزیان در کاهش چربی‌های نامطلوب خون، تنظیم و تعادل فشارخون در حفظ سلامت قلب و عروق مؤثر هستند (Esamalaki *et al.,* 2020). قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از گونه‌های با ارزش تجاری است که با توجه به طعم و کیفیت مناسب مصرف‌کنندگان زیادی را به خود اختصاص داده است. پیش‌بینی می‌شود مصرف سرانه جهانی فرآورده‌های دریایی افزایش یافته و تا سال ۲۰۳۴ به ۲۱/۸ کیلوگرم برسد (FAO, 2025). جهت افزایش مصرف سرانه آبزیان باید به ایجاد تنوع در فرآوری آبزیان توجه نمود. مصرف فرآورده‌های شیلاتی به واسطه تنوع در عمل‌آوری، طعم، مزه و بسته‌بندی مناسب و متعدد افزایش می‌یابد. ذائقه مصرف‌کنندگان جلب فراورده‌های تازه‌تر و با قابلیت نگهداری بیشتر بوده که نیاز به توجه دقیق‌تری به تنوع در فرآورده‌ها و چگونگی نگهداری دارند و همچنین به فاکتورهای ویژه‌ای جهت سنجش کیفیت نیاز دارند (Alibeigi *et al.,* 2013). امروزه با توسعه زندگی شهری و کمبود وقت، میزان تقاضا برای استفاده از غذای آماده افزایش یافته است. فرآورده‌های نیمه آماده نظیر فیله و استیک نیز در بازار جهانی جایگاه ویژه‌ای داشته و برای ذائقه‌های متفاوت می‌توان از طعم دهنده‌های مختلف استفاده نمود (Alishahi and Aïder, 2012). از مزایای تولید فیله می‌توان به سهولت نگهداری و جابجایی در مقایسه با ماهی کامل، قابلیت ارائه در اندازه‌ها، بسته‌بندی‌های مختلف، بهبود شکل ظاهری ماده اولیه و قابلیت روکش دادن با طعم‌های مختلف را نام برد. توجه به سردسازی و شرایط انجماد می‌تواند به حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری فرآورده کمک نماید (Badii *et al.,* 2002; Rezaei and Hosseini, 2008; Holley *et al.,* 2005). روکش فیله ماهی باعث بهتر نمودن عطر، طعم، بافت و ظاهر غذا می‌شود. همچنین

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

از تغییر طعم طبیعی غذا که بر اثر انجماد یا حرارت دادن ایجاد می‌شود جلوگیری می‌کند؛ بنابراین فرآورده حاصل از داخل آبدار و طعم دار بوده و از بیرون ترد است (Alishahi and Aïder, 2012; Salvador *et al.,* 2008). امروزه تمایل بیشتری به فرآورده‌های روکش‌دار غذاهای آماده دریایی وجود دارد. مصرف‌کنندگان مایل به استفاده از افزودنی‌های سنتتیک و شیمیایی در مواد غذایی نیستند. با استفاده از روکش دادن به فیله، ضمن این‌که می‌توان از افزودنی‌های طبیعی متفاوتی برای تغییر طعم استفاده نمود، این عمل به افزایش زمان ماندگاری محصول نیز کمک می‌کند (Yerlikaya *et al.,* 2010; Ibrahim and El-Sherif, 2008). امروزه باید به افزودنی‌هایی توجه نمود که در ضمن مطلوبیت از نظر ارزیابی حسی، باعث افزایش زمان ماندگاری نیز می‌گردند.

با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان در خصوص مضرات افزودنی‌های شیمیایی و سنتتیک در غذا، تصوری منفی نسبت به این مواد ایجاد شده است؛ بنابراین استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی ازجمله عصاره‌های طبیعی به‌عنوان روش‌های جایگزین جهت افزایش ماندگاری ماهی ضروری است (Karsli *et al*., 2021). خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌طور عمده به ترکیبات فنولی موجود در آنها بستگی دارد. البته نوع ترکیبات فنولی و به‌تبع آن قدرت نگهدارندگی آنها در گیاهان مختلف متفاوت است (Pezeshk *et al.,* 2011). در مطالعه‌ای مشابه، تأثیر پوشش ژلاتینی حاوی عصاره آبی پوست پرتقال (*Citrus sinensis*) بر افزایش ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال بررسی و اثبات شد (Ebrahimian *et al*., 2023). همچنین، در پژوهشی دیگر، تأثیر افزودن عصاره آویشن (*Zataria multiflora Boiss*)، پیاز (*Allium cepa*) و کاکوتی کوهی (*Ziziphora clinopodioides*) بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ارزیابی گردید؛ نتایج نشان داد که این ترکیبات زمان ماندگاری فیله را در شرایط خلأ و دمای یخچال، ۵ تا ۶ روز افزایش می‌دهند (Zolfagari *et al*., 2010). شاخص‌های فساد شیمیایی در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پوشش یافته با ژلاتین حاوی پلی ساکارید استخراج شده از هسته ازگیل ژاپنی بررسی گردید (Noori *et al*., 2026). همچنین اثر افزایش عصاره چای سبز در شرایط نگهداری فیله ماهی در یخچال بر افزایش ماندگاری در تحقیقی مشابه بررسی گردید (Pal *et al*., 2017). اثر اسانس مرزه (*Satureja hortensis*) بر فیله ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) نیز در تحقیقی مشابه بررسی گردید (Esamalaki *et al.,* 2020). عصاره‌های گیاهی از منابع اصلی آنتی‌اکسیدان‌ها و ضدمیکروب‌های طبیعی به‌شمار می‌روند (Harpaz *et al*., 2003). در پژوهشی مشابه، اثر عصاره آویشن (*Thymus vulgaris*) و پونه کوهی (*Origanum vulgare*) بر ماهی باس دریایی آسیایی (*Lates calcarifer*) بررسی شد و نتایج نشان داد که افزودن این عصاره‌ها روند فساد را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (Cadun *et al*., 2008). همچنین، مطالعه‌ای دیگر حاکی از آن است که عصاره رزماری ماندگاری میگوی صورتی (*Parapenaeus longirostris*) را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد (Etemadi *et al*., 2008). استفاده از عصاره رزماری (*Salvia rosmarinus*) به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان و ضدمیکروب طبیعی برای افزایش ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نشان داد که فساد اکسیداتیو و باکتریایی در نمونه‌های تیمارشده به‌کندی صورت می‌گیرد. علاوه بر این، استفاده از خمیر پوشش (Batter) برای ایجاد طعم‌های منحصربه‌فرد و بهبود بافت در محصولات سرخ‌شده، در صورت اعمال پوشش مناسب، موجب کاهش جذب چربی در فرایند سرخ کردن می‌شود (Yerlikaya *et al*., 2010). افزودنی‌ها در مواد غذایی معمولاً ترکیبات جزئی هستند که با اهداف ویژه‌ای مانند جلوگیری از فساد در مدت نگهداری، جلوگیری از رشد و نمو میکروبی، تشدید رنگ مخصوص به آنها افزوده می‌شوند. بدین ترتیب این ترکیبات یا از واکنش‌های معینی در محصول جلوگیری می‌کنند و یا واکنش‌های مشخصی را تشدید می‌نمایند (Sakifar and Karimi, 2025). ماهیان با وجود ارزش غذایی بالا، در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس هستند و ویژگی‌های کیفی آن‌ها در طول نگهداری، تحت تأثیر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش می‌یابد (Mexis *et al*., 2009).

برای تشخیص کیفیت ماهی، تنها از یک شاخص کیفی نمی‌توان استفاده کرد. از آزمایش‌های مختلفی جهت تخمین درجه فساد در ماهی استفاده می‌شود. این آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)، تری‌متیل‌آمین (TMA)، دی‌متیل‌آمین (DMA) و مجموع ترکیبات فرار احیاکننده است (AOAC, 2005; khoramgah and Rezaei, 2012). بازهای فرار به مجموعه‌ای از ترکیبات، از جمله آمونیاک، تری‌متیل‌آمین و دی‌متیل‌آمین گفته می‌شود که اندازه‌گیری آن‌ها نمایانگر میزان کهنگی و فساد در ماهی است. از جمله

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

ترکیبات دیگری که در ایجاد طعم و بوی ماهی نقش دارند، می‌توان به تری‌متیل‌آمین‌اکسید و تری‌متیل‌آمین اشاره کرد که در ساختمان عضله وجود دارند و بوی اختصاصی ماهی در اثر حضور این ترکیبات پدید می‌آید (Castro *et al*., 2012).

حضور و نفوذ موجودات ذره‌بینی و فعالیت آنزیم‌های آن‌ها در ماهی و همچنین آنزیم‌های طبیعی بدن ماهی، باعث تبدیل تری‌متیل‌آمین‌اکسید به تری‌متیل‌آمین می‌گردد. بوی مشخصه ماهی در اثر تشکیل این ماده پدید می‌آید. با اندازه‌گیری مقدار تری‌متیل‌آمین، می‌توان میزان کهنگی یا تازگی ماهی را مشخص کرد (Juty and Neero, 2025). فرآورده‌های اولیه اکسیداسیون چربی‌ها در ماهی، هیدروپروکسیدها هستند که ترکیباتی ناپایدارند و نقشی در طعم نامطلوب ماهی ندارند. هیدروپروکسیدها پس از شکستن، موادی نظیر آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها، استرها، فوران‌ها و لاکتون‌ها را ایجاد می‌کنند. آزمایشی که به‌طور گسترده جهت اندازه‌گیری مقدار فساد اکسایشی چربی‌ها به کار گرفته می‌شود، شاخص تیوباربیتوریک اسید است. این شاخص مربوط به اندازه‌گیری میزان مالونآلدهید است که محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع محسوب می‌شود. وجود چنین ترکیباتی در گوشت ماهی سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی آن از جمله طعم و بو می‌شود (Juty and Neero, 2025). در این تحقیق، هدف استفاده از (پودر سوخاری و آویشن، آب‌لیمو و آب‌نارنج) همراه با فیله روکش‌دار ماهی قزل‌آلا به‌منظور ایجاد تغییر در طعم ماهی و مقایسه‌ای بر افزایش زمان ماندگاری در شرایط انجماد (۱۸- درجه سانتی‌گراد) از طریق شاخص شیمیائی کل بازهای فرار، تری متیل آمین، تیوباربیتوریک اسید و همچنین بازهای فرار در شرایط نگهداری در یخچال بوده است.

مواد و روش‌ها

برای آماده‌سازی نمونه تعداد ۳۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن متوسط ۲/۵ ± ۵۵۰ گرم از بازار رشت در هنگام خرید به‌صورت زنده صید و بلافاصله همراه با یخ پوشی (۱:۱) به آزمایشگاه پردیس بهدان (مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان) منتقل گردید. سپس نمونه‌های ماهی با آب قابل شرب شسته شده، پوست‌گیری و تخلیه شکمی انجام گردید و نمونه‌ها فیله گردید. برای تهیه روکش فیله ماهی، مطابق جدول ۱، مخلوط خمیری در ۳ تیمار و یک شاهد تهیه شد.

جدول ۱: فرمولاسیون برای پوشش خمیری

اجزاء	فرمولاسیون (گرم / صد گرم)			
	۱	۲	۳	شاهد
آرد گندم	۸۲	۸۲	۸۲	۸۲
نمک	۶	۶	۶	۶
کربنات سدیم	۴	۴	۴	۴
آب‌لیمو	۶	–	–	–
عصاره آویشن و پودرسوخاری	–	۶	–	–
عصاره آب‌نارنج	–	–	۶	–

از ۳۰ عدد فیله ماهی ۵۰ گرمی تهیه شده، یک بخش از نمونه‌ها به‌عنوان شاهد (بدون افزایش عصاره) و بخش دیگر نمونه‌ها در سوسپانسیون تهیه شده از عصاره و روکش مطابق جدول بالا غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌ها در داخل بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در شرایط انجماد با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و در مدت ۶ ماه نگهداری در فریزر، پارامترهای شیمیایی بازهای فرار، تری متیل آمین و تیوباربیوتریک اسید مورد آزمایش قرار گرفتند. همچنین نمونه‌ها در یخچال به مدت ۷ روز نگهداری گردید و از طریق لندازه‌گیری بازهای فرار به‌منظور تعیین زمان ماندگاری با افزایش عصاره‌های نامبرده در روکش ماهی قزل‌آلا ارزیابی گردیدند. به‌منظور استخراج مایع از آب‌لیمو، پودر سوخاری و آویشن و آب‌نارنج، ابتدا لیمو، آویشن و نارنج مورد نیاز از بازار محلی خریداری گردید. مواد پس از تمیز کردن، آب‌گیری و آویشن کاملاً خرد شده و ۵۰۰ گرم از آن‌ها به ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر، که قبلاً تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده بود، اضافه شد و به مدت ۶۰ دقیقه هم زده شد. سپس مخلوط با دور ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. عصاره مورد

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

استفاده به‌صورت تازه تهیه شد (Zolfagari *et al.,* 2010). برای بررسی اثر عصاره‌ها به ترتیب برای هر نمونه ۶ درصد وزنی هر عصاره به مخلوط ذکر شده طبق جدول اضافه گردید. یک نمونه شاهد نیز بدون افزایش عصاره‌ها تهیه گردید تا بتوان مقایسه مناسبی بین نمونه های دارای عصاره و نمونه شاهد از نظر زمان ماندگاری بر اساس شاخص‌های شیمیایی صورت پذیرد. سپس مخلوط تهیه شده به نسبت ۱:۱/۵ با آب مخلوط گردید. ماهی در این مخلوط فروبرده شد و به اندازه ۵ دقیقه در این مخلوط باقی ماند. سپس در شرایط انجماد برای بررسی زمان ماندگاری در ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و تغییرات کیفی در طول مدت نگهداری بررسی گردید (Yerlikaya *et al.,* 2010). همچنین در یخچال نیز به مدت ۷ روز نگهداری گردید تا بر اساس بازهای فرار، زمان ماندگاری در یخچال نیز تعیین گردد. قبل از انجام آنالیز، نمونه‌های منجمد یک شب در یخچال ذوب شده، پس از پاک کردن خمیرهای سطح نمونه‌ها، ماهی‌ها با استفاده از مخلوط‌کن همگن گردیده و تمامی آزمون‌ها بر روی نمونه‌های همگن شده انجام شد. شاخص‌های کل بازهای فرار (TVB-N) به روش تیتریمتری، تری‌متیل‌آمین (TMA) و تیوباربیوتوریک اسید (TBA) با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway model 6105, England) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری کل بازهای فرار، به بالن تقطیر کلدال ۱۰ گرم از نمونه گوشت، ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب و چند قطعه سنگ جوش اضافه گردید. در یک ارلن مایر به ظرفیت ۵۰۰ تا ۷۰۰ سانتی مترمکعب که به‌عنوان ظرف گیرنده زیر قسمت سردکننده دستگاه تقطیر قرار گرفت، ۲۵ سانتی‌متر مکعب از محلول ۲ درصد اسید بوریک و چند قطره از معرف متیل قرمز اضافه شد. دستگاه تقطیر وصل گردید و محتوی بالن تقطیر حرارت داده شد، به‌طوری‌که در مدت ۱۰ دقیقه به جوش آمد و با همین مقدار حرارت مدت ۲۵ دقیقه عمل تقطیر ادامه یافت. انتهای قسمت سرد کننده دستگاه تقطیر به‌وسیله لوله و یا رابطی به داخل محلول اسید بوریک وارد گردید. پس از آن حرارت را قطع، داخل سرد کننده با آب مقطر شسته و محلول تقطیر شده به‌وسیله اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر گردید. در عمل یک شاهد هم در نظر گرفته شد. برای محاسبه، مقدار مصرف‌شده اسیدسولفوریک در ۱۴ ضرب شد تا مقدار ازت فرار برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده گوشتی محاسبه شود (Juty and Neero, 2025). برای اندازه‌گیری میزان تری‌متیل‌آمین (TMA)، ۱۰ گرم از نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک‌اسید (TCA) توسط هموژنایزر مخلوط و سپس صاف شد. سپس ۴ میلی‌لیتر از محلول حاصل به لوله‌آزمایش منتقل گردید و به آن ۱ میلی‌لیتر محلول فرمالدهید ۲۰ درصد، ۱۰ میلی‌لیتر تولوئن خشک (بدون آب) و ۳ میلی‌لیتر محلول پتاس ۵۰ درصد افزوده شد؛ پس از اختلاط کامل، ۵ میلی‌لیتر از لایهٔ تولوئن جدا و به ۵ میلی‌لیتر محلول اسید پیکریک ۰/۰۲ درصد اضافه شد. در نهایت، بخش بالایی محلول به سلِ اسپکتروفتومتر فرابنفش- مرئی (Jenway model 6105, England) منتقل و میزان جذب نمونه در طول‌موج ۴۱۰ نانومتر قرائت گردید. هم‌زمان محلول‌های استاندارد تهیه و جذب آن‌ها اندازه‌گیری شد (Perumalla and Hettiarachchy, 2011;Salam *et al*., 2007; Juty and Neero, 2025). برای اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید ۱۰ گرم نمونه بعد از افزایش ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک که به نسبت ۱ به ۲ با آب مخلوط شده، تقطیر گردید. ۵ میلی‌لیتر از نمونه تقطیر شده به لوله منتقل و به آن ۵ میلی‌لیتر محلول تیوباربیتوریک اسید ۰/۲۸۸ افزوده شد. لوله تکان داده شده و در حمام آب ۱۱۰ درجه به مدت ۳۵ دقیقه گذاشته شد سپس جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۳۸ نانومتر در مقایسه با بلانک حاوی آب مقطر و محلول تیوباربیتوریک اسید اندازه گیری شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم برگرم بیان گردید (Jasbi *et al.,* 2020; Juty and Neero, 2025).

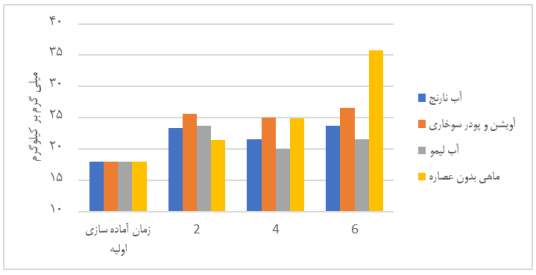
نتایج

نتایج مربوط به بازهای فرار در شکل ۱ نشان می‌دهد که ماهی پوشش‌داده‌شده با خمیر لعابی حاوی آب‌لیمو، در مقایسه با نمونه‌های حاوی آب‌نارنج و آویشن، در طول دوره نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، مقدار کمتری بازهای فرار داشته است. همچنین، نمونه حاوی آب‌نارنج نسبت به نمونه حاوی آویشن، مقدار بازهای فرار کمتری در طول دوره نگهداری نشان داد. تمامی نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با عصاره‌های مختلف، ماندگاری بیشتری نسبت به ماهی بدون عصاره از خود نشان دادند.

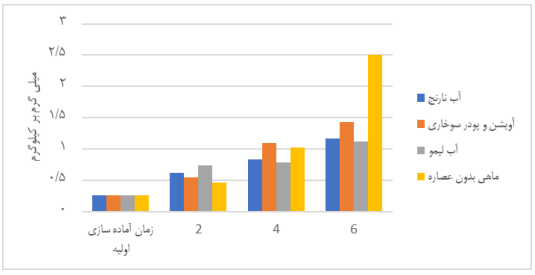
برای سنجش این شاخص، از روش خنثی‌سازی توسط اسیدی با مولاریته معلوم استفاده شد. معمولاً حد نهایی ۲۵ تا ۳۰ میلی‌گرم بازهای فرار در هر ۱۰۰ گرم نمونه در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس، نمونه‌های حاوی عصاره‌های آب‌لیمو، پودر سوخاری، آویشن و آب‌نارنج، در

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

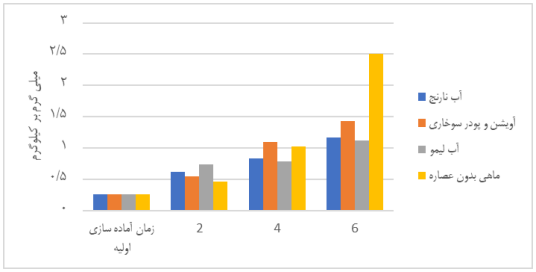
مقایسه با نمونه شاهد، مقادیر کمتری از این حد را نشان دادند که بیانگر اثر مثبت افزودن عصاره‌های طبیعی بر ماندگاری نمونه‌ها است. نتایج مربوط به تری‌متیل‌آمین در شکل ۲ نیز نشان می‌دهد که به‌ترتیب نمونه‌های حاوی آب‌لیمو، آب‌نارنج و آویشن ماندگاری بیشتری نسبت به ماهی خام دارند. همچنین، آزمون تیوباربیوتریک اسید در شکل ۳، همین روند ماندگاری را در اثر افزودن آب‌لیمو، آب‌نارنج و آویشن در طول ۶ ماه نگهداری در فریزر تأیید کرد. شکل ۴ نیز نشان می‌دهد که در شرایط نگهداری در یخچال، نمونه حاوی آب‌لیمو تا ۷ روز کمترین افزایش را در بازهای فرار داشته است؛ همچنین ماهیِ حاوی آب‌نارنج و آویشن در روز هفتم نگهداری در یخچال، از نظر میزان بازهای فرار تقریباً در سطحی نزدیک به هم قرار داشتند، اما هر دو در مقایسه با ماهی بدون عصاره، هنوز به مرحله فساد نرسیده بودند.



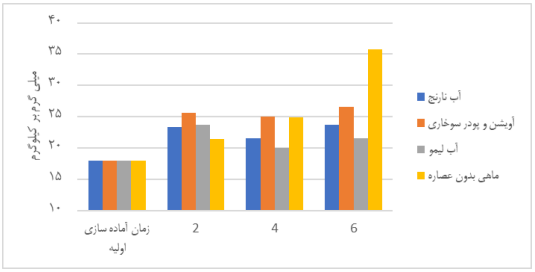
شکل ۱: مقایسه بازهای فرار (TVB-N value) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان همراه با عصاره‌های آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن در طی زمان نگهداری در شرایط انجماد



شکل ۲: مقایسهٔ میزان تری‌متیل‌آمین (TMA) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان همراه با عصاره‌های آب‌لیمو و آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن در طی زمان نگهداری در شرایط انجماد



شکل ۳: مقایسهٔ شاخص تیوباربیوتریک اسید (*TBA*) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان همراه با عصاره‌های آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن در طی زمان نگهداری در شرایط انجماد



شکل ۴: مقایسه بازهای فرار در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان همراه با عصاره‌های آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه آویشن در طی زمان نگهداری در یخچال

شکل ۱ نشان می‌دهد که مقدار بازهای فرار در نمونه‌های حاوی آب‌لیمو، آب‌نارنج، پودر سوخاری و آویشن، به‌ترتیب ۲۱/۴۵، ۲۴/۰۵ و ۲۶/۷۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود که در مقایسه با نمونه شاهد با مقدار ۳۵/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، کمتر است. شکل ۲ نشان می‌دهد تری متیل آمین برای آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن ۱/۱۱۴، ۱/۱۶۵ و ۱/۴۲۴ (میلی‌گرم/صد گرم) در مقایسه با شاهد ۲/۵۰۸ (میلی‌گرم/صد گرم) مقادیر کمتری داشت. پس استفاده از آب‌لیمو کمترین مقدار بازهای فرار و تری‌متیل آمین را داشته و بیشترین ماندگاری را نشان داد و سپس پودر سوخاری و آویشن و در رتبه آخر آب‌نارنج قرار گرفت. در مورد این دو شاخص به ترتیب آب‌لیمو، پودر سوخاری همراه آویشن و آب‌نارنج مورد قبول است. مطابق شکل ۳ شاخص تیوباربیوتریک اسید اعداد ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۷۵ (میلی‌گرم/کیلوگرم) در مقایسه با شاهد ۰/۷۵ (میلی‌گرم/کیلوگرم) نزدیک و یا کمتر بود. مشخص شد که ماندگاری فرآورده‌ها به ترتیب آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن نسبت به شاهد بیشتر است. در قسمت نهایی، ماهی اندود شده با این عصاره‌ها در یخچال نگهداری گردید و میزان بازهای فرار تا ۷ روز اندازه‌گیری شد. تحقیق نشان داد فیله ماهی خام از مقدار ۲/۱۸ (میلی‌گرم/صد گرم) در روز سوم به ۴۲ (میلی‌گرم/صد گرم) در روز هفتم رسید، درحالی‌که ماهی اندود شده با عصاره آب‌لیمو به ۲۳/۵۲، آب‌نارنج به ۳۳ و سوخاری همراه با آویشن به ۳۲/۵ (میلی‌گرم/صد گرم میلی‌گرم/صد گرم) در روز هفتم رسید. این موضوع نشان می‌دهد در طول نگهداری در یخچال نیز عصاره آب‌لیمو، سوخاری همراه با آویشن و آب‌نارنج به ترتیب ماندگاری بیشتری ایجاد می‌کنند.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

بحث و نتیجه‌گیری

شاخص تیوباربیتریک اسید (TBA) معیار مناسبی برای تعیین میزان پیشرفت اکسیداسیون چربی و تولید ترکیبات کربونیل محسوب می‌شود؛ این ترکیبات کربونیل، مسئول تغییرات نامطلوب در ویژگی‌های حسی محصولات از جمله بو و طعم هستند. نتایج شکل ۴ نشان داد که میزان تیوباربیتریک اسید در طول دوره نگهداری روند افزایشی داشته است که این امر به تولید آلدهیدها از محصولات ثانویه حاصل از شکست هیدروپراکسیدها مربوط می‌شود.

در مورد شاخص تیوباربیتریک اسید، مقادیر به‌دست‌آمده برای نمونه‌های حاوی آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن به‌ترتیب ۰/۰۵، ۰/۴ و ۰/۷۵میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در مقایسه با مقدار ۰/۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم برای نمونه شاهد، این مقادیر نزدیک یا کمتر بوده‌اند؛ بنابراین، ماندگاری فرآورده‌های حاوی عصاره، به‌ویژه نمونه‌های حاوی آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری و آویشن، نسبت به نمونه شاهد بیشتر است. تفاوت معناداری در طی ۲ ماه پایانی نگهداری، بین تیمار شاهد و مایع استخراج شده آب‌نارنج و آب‌لیمو مشاهده شد. خاصیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی موجود در آب‌لیمو و آب‌نارنج مانع از اکسیداسیون چربی شده و در نتیجه، میزان شاخص تیوباربیتریک اسید نسبت به نمونه شاهد کمتر بوده است. مقادیر کمتر از ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم تیوباربیتریک اسید، نشان‌دهنده شرایط قابل‌قبول برای نگهداری مواد غذایی دریایی به‌صورت منجمد است (Cadun *et al*., 2005).

در نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش، میزان شاخص تیوباربیتریک اسید در کلیه تیمارها طی ۶ ماه نگهداری در شرایط انجماد، کمتر از حد ذکر شده بود. برخی از محققان معتقدند که فعالیت ضداکسیدانی عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به دلیل خاصیت کاهندگی آن‌هاست؛ این خاصیت نقش مهمی در جذب و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، غیرفعال نمودن اکسیژن یگانه و سه‌گانه و تجزیه پراکسیدها ایفا می‌کند. نتایج این مطالعه با سایر پژوهش‌های مشابه مطابقت دارد (Sallam *et al*., 2004; Park and Chin, 2010; Feng *et al*., 2007). اثر آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی رزماری بر افزایش زمان ماندگاری قزل‌آلا تأیید شده است (Etemadi *et al*., 2007). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، اثر عصاره سیر و لیمو بر کیفیت و افزایش ماندگاری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی نگهداری در یخچال مورد تأیید قرار گرفته است (Mirsadegi *et al*., 2015). علاوه بر این، اثر سیر و بوتیل‌هیدروکسی‌آنیزول (BHA) بر ماندگاری سوسیس از نظر خواص آنتی‌میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بررسی و تأیید شده است (Kim *et al*., 2010). در این تحقیق، بررسی بازهای فرار، تری‌متیل‌آمین و تیوباربیتریک اسید تا ماه ششم در شرایط نگهداری منجمد در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که عصاره‌های آب‌لیمو، آب‌نارنج و آویشن، ماندگاری بیشتری نسبت به نمونه شاهد از نظر این سه شاخص شیمیایی افزایش می‌دهند. در مطالعه‌ای مشابه، اثر مثبت افزودن کاکوتی و ترخون بر افزایش ملندگاری ماهی قزل‌آلا تأیید گردید (Sadegzadeh *et al*., 2021). همچنین، بررسی تأثیر اسانس نعناع فلفلی نانوریزپوشانی‌شده بر ماندگاری برگر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، با سنجش بازهای فرار، تیوباربیتریک اسید و پراکسید، اثر مثبت آن را در افزایش ماندگاری تأیید نمود (Shirvash and Najafi, 2024). در مطالعه‌ای مشابه تأثیر مثبت عصاره جعفری بر فیله ماهی کپور نقره‌ای را بررسی و اثر مثبت این عصاره در کاهش بازهای فرار اثبات گردید (Eskandari *et al.,* 2013). در بررسی دیگری تأثیر عصاره آب‌لیمو نیز تأثیر این عصاره بر کاهش بازهای فرار را در شرایط نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد مورد مطالعه قرار گرفت (Pezeshk *et al.,* 2011). در تحقیقی مشابه روی افزایش عصاره‌های طبیعی (انگور، سیر و گوجه‌فرنگی) بر میگو روکش‌دار، نتایج مشابهی با تحقیق انجام شده با ماهی قزل‌آلا به دست آمد که بیانگر اثر مثبت افزایش عصاره‌های طبیعی روی افزایش زمان ملندگاری بود (Yerlikaya *et al.,* 2010). این نتایج با پژوهش‌های مشابه (Harpaz *et al*., 2003; Cadun *et al*., 2008; Zolfagari *et al*., 2010; Feng *et al*., 2007) مطابقت دارد. همچنین در تحقیقی مشابه، اثر افزایش عصاره مرزنجوش به فیله ماهی قزل‌آلا در افزایش زمان ماندگاری به اثبات رسید (Azizi *et al*., 2016).

در خصوص تأثیر افزودنی‌ها بر افزایش زمان ماندگاری، افزودن آب‌لیمو، آب‌نارنج و پودر سوخاری همراه با آویشن به روکش فیله ماهی قزل‌آلا، بر اساس شاخص‌های بازهای فرار، تری‌متیل‌آمین و تیوباربیتریک اسید، موجب افزایش ماندگاری گردید. نتایج نشان داد که کمترین افزایش در بازهای فرار، در نمونه حاوی آب‌لیمو مشاهده شد. در مورد تری‌متیل‌آمین نیز، آب‌لیمو کمترین مقدار را داشت و پس از آن به‌ترتیب

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

پودر سوخاری همراه آویشن و آب‌نارنج قرار گرفتند. از نظر تیوباربیتریک اسید، عصاره آب‌لیمو کمترین مقدار را نشان دادند و پودر سوخاری همراه آویشن بیشترین مقدار را داشت. افزایش هر سه عصاره به فیله ماهی قزل‌آلا، در مقایسه با فیله بدون عصاره، سبب افزایش زمان ماندگاری می‌شود. در مورد فیله ماهی شاهد، افزایش قابل‌توجهی در شاخص‌های مربوطه مشاهده شد و پس از ۴ ماه، مصرف آن توصیه نمی‌شود. درحالی‌که افزودن عصاره‌ها به روکش، شاخص‌های بازهای فرار، تری‌متیل‌آمین و تیوباربیتریک اسید را کاهش داده و ماندگاری را تا ۶ ماه افزایش می‌دهد. همچنین، در شرایط نگهداری در یخچال به مدت ۷ روز، کمترین مقدار بازهای فرار به‌ترتیب مربوط به آب‌لیمو، پودر سوخاری همراه آویشن و آب‌نارنج بود.

سپاسگزاری

نویسنده در انجام تحقیق و نگارش این مقاله از حمایت مرکز تحقیقات منابع طبیعی گیلان بهره‌مند بوده و کمال تشکر را دارد.

منابع

Alibeigi, T., Alizadeh, D. and Rahimabadi, A., 2013. Investigation of antioxidation effect of orange skin extract on quality (Cyprinus carpio) fillet in refrigerator (40c). Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources). 66(2): 185-198.

Alishahi, A. and Aïder, M., 2012. Applications of Chitosan in the Seafood Industry and Aquaculture: A Review. Food and Bioprocess Technology. 5: 817-830.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis. 18th edition. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA, 96 p.

Azizi, A., Yeganeh, C., Firoozbaksh, F. and Khalili, K., 2016. Effect of Marjoram (*Origanum vulgare* L.) extract on quality and grow index of (Oncorhynchus mykiss) in refrigerator (4oc). Iranian Scientific Fisheries Journal. (1): 93-109.

Badii, F. and Howell, N. K., 2002. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. Food Hydrocolloids. 16(4): 313-319.

Bahrani, A., Fooladi, J. and Nojavan, C., 2019. Separation and identification amino acides in (Cyprinus carpio) from southern area of Caspian Sea. Journal of Animal Environment. 12(3): 207-214.

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

Cadun, A., Duygu, Kıs_la. and S_ u¨kran, C akl., 2008. Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. Food Chem. 109(1): 81-87.

Castro, P., Millán, R., Penedo, J. C., Sanjuán, E., Santana, A., Caballero, M. J. et al., 2012. Effect of Storage Conditions on Total Volatile Base Nitrogen Determinations in Fish Muscle Extracts. Journal of Aquatic Food Product Technology. 21(5): 519-523.

Ebrahimian, M., Panahi, Z., Alamian Samak Khah, Sh. and Panahi, M., 2023. The effect of gelatin coating containing aqueous extract of Citrus sinensis peel on increasing shelf life of rainbow trout fillet during refrigeration. Journal of Food Science and Technology. 138(20): 174-185.

Esamalaki, Z., Morki, N., Khoshkho, J. and Moeini, C., 2020. Effect of (Satureja hortensis) extract on shelf life of (Scomberomorus guttatus) in freezer. Journal of Animal Environment. 12(1): 181-190.

Eskandari, C., Hosseini, C. A. and Shiraei Kasmaei, A., 2013. Effect of antioxidation and antibacterial of Parsley extract on shelf life of (Hypophthalmichthys molitrix) fillet in refrigerator (4 centigrade degrees). Journal of Food Science and Technology. (2): 165-172.

Etemadi, H., Rezaei, M. and Abedian, A., 2007. Antioxidation and antibacterial potential of Salvia rosmarinus on shelf life of (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Technology and Food Science. 5(4): 67-77.

FAO, 2025. Food and Agricultural Organization of the United Nations. OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. © OECD/FAO 2025.

Feng, W. and Zheng, X., 2007. Essential oils to control (Alternaria alternate) in vitro and in vivo. Journal of Food Control. 18(9): 1126-1130.

Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V. and Gelman, A., 2003. Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater reared Asian sea bass fish (Lates calcarifer). J Food Prot. 66(3): 410-417.

Holley, R. A. and Patel, D., 2005. Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. Food Microbiology. 22(4): 273-292.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

Ibrahim, S. M. and El-Sherif, S. A., 2008. Effect of some extracts on quality aspects of frozen tilapia (Oreochromis niloticus L.) fillets. Global Veterinaria, 2(2): 62-68.

Jasbi, C., Gorbani, R., Fooladi, J. and Nojavan, C., 2020. Assessment of using Ozone on increasing shelf life of (*Oncorhynchus mykiss*) in refrigerator (4oc). Journal of Food Science and Technology. 12(3): 421-434.

Jyoti, D. and Neeru, A., 2025. A review on total volatile basic nitrogen (TVB-N) as key indicators of fish spoilage: Methods for determination and quality assessment. International Journal of Zoology Studies.10(3):44-49.

Karsli, B., Emre, C., & Kilic, O., 2021. Application of Black Cumin and Green Tea Extracts and Oils for Microbiological, Physicochemical, Textural and Sensorial Quality of Vacuum Packaged Rainbow Trout Fillets Stored at 2±1° C. Journal of Aquatic Food Product Technology. 30(3): 271-282.

Khoramgah, M. and Rezaei, M., 2012. Chemical and sensory evaluation changes on (Rutilus frissi kutum) during freezing. Journal of Food Science and Technology. 9: 17-24.

Kim, Y. J., Naham, B. A. and Choi, I. H., 2010. An evaluation of the antioxidant and antimicrobial effectiveness of different forms of garlic and BHA in emulsion-type sausages during refrigerated storage. Journal of Muscle Foods. 21: 813-825.

Mexis, S. F., Chouliara, E. and Kontominas, M. G., 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf-life extension of rainbow trout fillets stored at 4° C. Food Microbiol. 26(6): 598-605.

Mirsadegi, H., Alishahi, A., Shabanpoor, B. and Ojagi, M., 2015. Effect of garlic and limon juice extracts on quality and shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe during refrigerator storage. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics. 3: 79-91.

Noori, M., Bagaei, H., Kashaninejad, M., Mohammadi Nafchi, M., 2026. Investigation of K-value Changes and Its Correlation with Chemical Spoilage Indicators in Rainbow Trout Fillets Coated with Gelatin Containing Polysaccharide Extracted from Loquat Seed. Journal of Food Science and Technology. 172(23): 144-159.

Pal, D., Chowdhury, S., Nath, S., Dora, K. C., & Majumder, R., 2017. Assessment of the shelf life of fish fillet treated with green tea extracts under refrigerated condition. Biochemical and Cellular Archives.17(2):499-505.

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(2): 365-373.

Perumalla, A. V. S., & Hettiarachchy, N. S., 2011. Green tea and grape seed extracts-Potential applications in food safety and quality. Food Research International. 44(4): 827-839.

Pezeshk, C., Rezaei, M. and Hoseini, H., 2011. Effect of antioxidation and antibacterial of lemon extract on shelf life of (*Oncorhynchus mykiss*) in refrigerator (4oc). Journal of Technology and Food Science. (2): 11-19.

Rezaei, M., and Hosseini, S. F., 2008. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. Journal of Food Science. 73: 93-96.

Sadegzadeh Marandi, P., Javadi, A. and Afshar Mogadam, M., 2021. The inhibitory effect of ziziphora and tarragon essential oils on microbial quality of rainbow trout fillet stored at refrigerator. Journal of Food Science and Technology. (128): 249-258.

Sakifar, Y. and Karimi, B., 2025. The Effect of Green Tea Extract on the Quality of Perch Fish Fillet During Storage in the Refrigerator. Research and Innovation in Food Science and Technology. 14(1): 65-74.

Salam, K. H. I., Ahmed, A. M., Elgazzar, M. M. and Eldaly, E. A., 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (Cololabis saira) during vacuum-packaged storage at 4° C. Food Chem. 102(4): 1061-1070.

Sallam, K. I., Ishioroshi, M. and Samejima, K., 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. Journal of Food Science Technology. 37(8): 849-855.

Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S. M., 2008. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products. Food Hydrocolloids. 22(6): 1062 – 1068.

Shirvash, M. and Nagafi, A., 2024. Investigating the effect of nano-encapsulated peppermint essential oil on shelf life of rainbow trout fish burger during storage. Journal of Food Science and Technology. 152(21): 949-106.

Yerlikaya, P., Gokoglu, N. and Kadir Topuz, O., 2010. Use of natural plant extracts in batter coating of shrimp and their effects on the quality of shrimp during frozen storage. Journal of Food Processing and Preservation. 34: 127-138.

Zolfagari, M., Shabanpoor, B. and Fallahzadeh, S., 2010. Comparison of the effect of thyme, onion and mountain cockatiel extracts on the shelf life of fish fillets Rainbow trout. Iranian Food Science and Technology Research. 6(2): 121-129.

Zolfagari, M., Shabanpoor, B. and Fallahzadeh, S., 2010. Quality preservation of salted, vacuum packaged and refrigerated mahi sefid (Rutilus frisii kutum) fillets using an onion (Allium cepa) extract. Aquaculture Research, 41(8): 1123-1132.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]

Effect of limon juice, thyme and sour orange juice on shelf life and of coated rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) in freezing and refrigerator conditions

Naereh Besharati [1*]

1. Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural research, Education and extension organization, Rasht, Iran.

[*]**Corresponding author:**
naerehbesharati1344@gmail.com

Received date: **April/25/2026**
Accepted date: **June/26/2026**

Abstract

With the growing global population, enhancing the nutritional value, extending the shelf life, and improving the flavor of aquatic products have garnered significant attention. This study investigated the effects of incorporating lemon juice, sour orange juice, and a thyme-breadcrumb mixture into the batter coating of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fillets. The batter consisted of wheat flour, salt, and sodium carbonate mixed with water (1:1.5 w/v), supplemented separately with 6% (w/w) of each respective additive. A control sample was prepared without these additives. The coated fillets were immersed in the batter for 5 minutes and subsequently stored under frozen conditions (−18°C) for 6 months and refrigerated conditions (4°C) for 7 days to evaluate shelf life. Chemical analyses, including total volatile basic nitrogen (TVB-N), trimethylamine (TMA), and thiobarbituric acid (TBA), were conducted. After 6 months of frozen storage, TVB-N levels in the lemon juice, sour orange juice, and thyme-breadcrumb samples were 21.45, 24.05, and 26.75 mg/100g, respectively, all significantly lower than the control (35.8 mg/100g). Similarly, TMA values were 1.1, 1.25, and 1.35 mg/100g, respectively, compared to 2.5 mg/100g in the control. TBA values were 0.5, 0.4, and 0.75 mg/kg, respectively, which were lower than or equivalent to the control (0.75 mg/kg). Under refrigerated storage for 7 days, TVB-N levels in the control group reached 42 mg/100g. In contrast, the treated samples maintained significantly lower levels: lemon juice (23.52 mg/100g), thyme-breadcrumb mixture (32.5 mg/100g), and sour orange juice (33 mg/100g). Consequently, all tested natural additives effectively extended the shelf life of the coated rainbow trout fillets under both frozen and refrigerated conditions, with lemon juice demonstrating the most potent preservative effect.

Keywords: Rainbow trout, lemon juice, sour orange juice, bread crumbs and thyme and thyme, shelf life

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-11]