JRIFST
مقالهٔ کامل پژوهشی

https://journals.rifst.ac.ir
ISSN: 2252-0937(print), 2538-2357(online)
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۴۰۱، جلد ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۰۸-۹۵
https://dx.doi.org/10.22101/JRIFST.2022.319602.1307

اثر پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصارهٔ گیاه اناریجه (*Froriepia subpinnata*) بر مدت زمان ماندگاری فیلهٔ ماهی تیلاپیای نیل در دمای یخچال

نعمیه فرهادی[۱]، سعید مشکینی[۲]، تورج مهدی‌زاده[۲*]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
* نویسندهٔ مسئول (t.mehdizadeh@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

واژه‌های کلیدی
شاخص‌های شیمیایی
شاخص‌های میکروبی
عصارهٔ اناریجه
فیلهٔ ماهی
کیتوزان

OPEN ACCESS
CC BY

چکیده

ترکیبات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی طبیعی موجود در عصاره و اسانس گیاهان می‌توانند در پوشش‌های خوراکی برای بسته‌بندی محصولات غذایی مورد استفاده قرار گیرند. این پژوهش با هدف بررسی اثر پوشش خوراکی کیتوزان حاوی عصارهٔ گیاه اناریجه بر طول دورهٔ نگهداری فیلهٔ ماهی تیلاپیای نیل انجام گرفت. پس از تهیهٔ ماهیان تازه، به‌غیراز گروه شاهد (تیمار اول)، فیله‌های ماهی با محلول ۲ درصد کیتوزان (تیمار دوم)، محلول ۲ درصد کیتوزان و ۱ درصد عصارهٔ اناریجه (تیمار سوم) و محلول ۲ درصد کیتوزان و ۲ درصد عصارهٔ اناریجه (تیمار چهارم) پوشش‌دهی‌شده و به مدت ۲۱ روز در دمای یخچال نگهداری شدند. در ابتدای دورهٔ آزمایش و روزهای ۷، ۱۴ و ۲۱ شاخص‌های شیمیایی (pH، بازهای ازتهٔ فرار و تیوباربیتوریک اسید) و شاخص‌های میکروبی (باکتری‌های مزوفیل، انتروباکتریاسه‌ها، باکتری‌های سرماگرا، کپک و مخمر) و ارزیابی حسی فیله‌ها انجام شد. به‌طورکلی، تیمارهای دارای پوشش کیفیت بهتری نسبت به گروه شاهد ازنظر شاخص‌های میکروبی و شیمیایی نشان دادند. همچنین تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان و عصارهٔ ۲ درصد گیاه اناریجه درزمینهٔ شاخص‌های موردمطالعه تا روز ۲۱ نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نشان داده و نسبت به دیگر تیمارها بهترین تیمار شناخته شد. پوشش‌دارکردن فیله‌های تیلاپیا با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه موجب بهبود شاخص‌های شیمیایی و میکروبی و افزایش مدت نگهداری تا دو برابر بیشتر از شاهد و تا حداقل ۱۴ روز شد.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین چالش‌های مربوط به محصولات شیلاتی به‌ویژه ماهی تازه، سرعت بالای فسادپذیری آنهاست. ماهیان به‌دلیل دارابودن مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع، غلظت بالای رنگدانه‌های تنفسی و یون‌های فلزی در گوشت خود، بسیار مستعد اکسیداسیون چربی و اُفت کیفیت هستند. این موضوع باعث ایجاد مشکلاتی در عرضهٔ محصولات شیلاتی به‌صورت تازه و غیرمنجمد می‌شود، بنابراین باید روش‌هایی را برای نگهداری و انتقال آبزیان به‌صورت تازه ابداع نمود تا بتوان کیفیت آن را برای مدت طولانی‌تری حفظ نمود (اعتمادی، رضائی و عابدیان، ۱۳۸۷؛ صادقی، مورکی و هنرور، ۱۴۰۰).

طبق تعریف، بسته‌بندی فعال بسته‌بندی است که در آن اجزای فرعی عمداً در یا روی مواد بسته‌بندی یا فضای اصلی بسته‌بندی گنجانده شده‌اند تا عملکرد سیستم بسته‌بندی را افزایش دهند. در این میان، فیلم‌ها و

پوشش‌های خوراکی به شکل بسته‌بندی‌های فعال، با داشتن ویژگی‌هایی همچون زیست‌تخریب‌پذیری، افزایش کیفیت و سطح ایمنی مواد غذایی و افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی جایگزین مناسبی برای بسته‌بندی سنتزی پلی‌اتیلنی در صنایع مختلف غذایی می‌باشند. در عمل این فیلم‌ها و پوشش‌ها این قابلیت را دارند که انواع آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد ضدمیکروبی را در ساختار آنها به‌کاربرد و بدین‌ترتیب عملکردشان را در افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد (Gómez-Estaca, López-de-Dicastillo, Hernández-Muñoz, Catalá, & Gavara, 2014). فیلم‌ها و پوشش‌ها از ترکیبات مختلفی مانند پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و مشتقات آنها و یا مخلوطی از آنها با ترکیب و فرمولاسیون‌های متفاوت ساخته می‌شوند و خاصیت چسبندگی و پیوستگی مناسبی برای اتصال روی سطح مادهٔ غذایی دارند. از میان این مواد پلی‌ساکاریدها به‌علت فراوانی در طبیعت و ارزان‌بودن کاربرد بیشتری در تولید پوشش‌های فعال و بسته‌بندی مواد غذایی دارند (Frangos, Pyrgotou, Giatrakou, Ntzimani, & Savvaidis, 2010).

کیتوزان پلی‌ساکاریدی غیرسمی، زیست‌تخریب‌پذیر، سازگار با محیط‌زیست با خاصیت ضدقارچی و ضدمیکروبی است که کاربرد زیادی در بسته‌بندی‌های فعال و پوشش‌های غذایی دارد. خاصیت ضدمیکروبی کیتوزان متناسب با وزن مولکولی، موجود هدف و شرایط فیزیکوشیمیایی محیط مانند pH، متفاوت است. ازنظر ساختاری کیتوزان از واحدهای گلوکزآمین و ان-استیل گلوکز آمین (با اتصالات بتا ۱ و ۴) تشکیل‌شده و اغلب از پوستهٔ سخت‌پوستانی مانند خرچنگ و میگو تهیه می‌شود. پلی‌ساکاریدها و ازجمله کیتوزان این قابلیت را دارند که با مواد نگهدارنده و ضدمیکروبی دیگر ترکیب‌شده و پوشش‌های فعال و نگهدارندهٔ مؤثرتری تولید کنند (شکوه صارمی، حبیبی نجفی، حداد خداپرست و بحرینی، ۱۳۹۷).

ازجمله مواد نگهدارندهٔ طبیعی و ضدمیکروبی که در کنار پلی‌ساکاریدها امکان استفاده در پوشش‌های فعال و بسته‌بندی‌های فعال مواد غذایی را دارند، اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان دارویی هستند. گیاهان دارویی به‌دلیل دارابودن مقادیر بالایی از ویتامین‌های A، C و کاروتنوئیدها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی نیز می‌باشند. اناریجه[1] یکی از گیاهان دارویی بومی ایران و از خانوادهٔ چتریان[2] است که در مناطق گسترده‌ای از شمال، شمال غرب، غرب، مرکز و شمال شرق ایران یافت‌شده و خواص آنتی‌اکسیدانی (اسماعیلی، تاجیک، مهدی‌زاده و مایلی، ۱۳۹۶؛ سلمانیان، صادقی‌ماهونک و جامسون، ۱۳۹۷) و ضدمیکروبی آن گزارش شده است (Bahrami, Jamzad, & Sedaghat, 2021; Nowzari, Shábanpour, & Ojagh, 2013). همچنین مطالعه‌هایی نیز جهت استفاده از این گیاه به‌عنوان نگهدارنده در مواد غذایی ازجمله در افزایش عمر ماندگاری ماهی کیلکای چرخ‌شده (شکوه صارمی و همکاران، ۱۳۹۷) و پوشش خوراکی زئین حاوی عصارهٔ اناریجه بر کیفیت فیلهٔ ماهی قزل‌آلای بسته‌بندی‌شده در خلأ (Esmaeli, Tajik, Mehdizadeh, & Mayeli, 2019) انجام شده است.

ماهی تیلاپیا ازجمله آبزیانی است که به‌دلیل رشد سریع، دامنهٔ تحمل گسترده در برابر تغییرات فیزیکوشیمیایی محیط مانند دما، شوری و اکسیژن محلول، مقاومت بالا در برابر استرس و بیماری، زمان کوتاه تجدید نسل، تغذیه از سطوح پایین هرم غذایی و بازارپسندی مطلوب آن، در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا پرورش داده می‌شود (Fan, Chi, & Zhang, 2008). مهم‌ترین گونهٔ تجاری تیلاپیا، تیلاپیای نیل[3] است که گونه‌ای هیبریدی و برای اهداف تجاری و بازارپسندی بیشتر تولید شده است (Cazón & Vázquez, 2019). ماهی تیلاپیای نیل نیز مانند بسیاری از گونه‌های دیگر ماهیان در شرایط نگهداری در سرما (دمای یخچال) درنهایت تا ۱ هفته ازنظر ارزیابی‌های حسی کیفیت قابل‌قبولی برای مصرف دارد و این امر باعث‌شده تا روند عرضهٔ آن به مناطق دور از محل تولید و ماندگاری آن تا زمان مصرف با مشکلاتی مواجه شود (Monteiro *et al.*, 2020).

ازآنجایی‌که ماهی تیلاپیا تنها در مناطق محدودی از ایران ازجمله قم، یزد و غیره پرورش داده می‌شود و همچنین به‌دلیل بازارپسندی خوب این ماهی، برای ارائهٔ آن به‌صورت تازه در دیگر مناطق کشور، ایجاد پوشش‌های

[1] *Froriepia subpinnata*
[2] Umbelliferae
[3] *Oreochromis niloticus*

طبیعی فعال و نگهدارنده امری مفید و ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در مطالعهٔ حاضر پوششی فعال از کیتوزان و مقادیر مختلف عصارهٔ گیاه اناریجه برای فیله‌های این ماهی تولیدشده و میزان تأثیر و قدرت نگهدارندگی این پوشش موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی عصارهٔ گیاه اناریجه و محلول کیتوزان

ساقه و برگ گیاه اناریجه به‌صورت تازه از مناطق جنگلی شهرستان ساری تهیه‌شده و پس از شناسایی و تأیید گونه در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ارومیه، در شرایط سایه و دمای محیط خشک‌شده و با آسیاب برقی پودرشده و از توری با اندازهٔ منافذ ۶۰ مش عبور داده شد. سپس ۲۰۰ گرم از پودر حاصل را در ۱ لیتر اتانول ۹۶ درصد ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در شیکر در دمای ۴۲ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد. محلول حاصل از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ ۴۱ عبور داده شد و برای حذف حداقل ۹۰ درصد حلال در دستگاه روتاری (IKA@RV10 digital، ساخت آلمان) با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه و دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، قرار گرفت. برای دستیابی به غلظت بیشتر، عصارهٔ حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در آون (Hanau، Heraeus D-645، ساخت آلمان) با دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. عصارهٔ غلیظ به‌دست‌آمده تا زمان انجام آزمایش در یخچال ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد (مشایخی و همکاران، ۱۳۹۲).

برای تهیهٔ محلول ۲ درصدی کیتوزان، پودر کیتوزان با وزن مولکولی متوسط[1] (۲ درصد وزنی/حجمی) در دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به آرامی به ارلن حاوی محلول ۱ درصد اسید استیک که روی همزن مغناطیسی (DOMEL SHp-10، Rey Noor Azma، ساخت ایران) قرار داشت، اضافه گردید. هم‌زدن محلول تا حل‌شدن تمامی ذرات کیتوزان و شفاف‌شدن محلول ادامه یافت (مهدی‌زاده، تاجیک، رضوی‌روحانی و ارومیه‌ای، ۱۳۹۱). پس از خنک‌شدن، محلول کیتوزان نهایی در سه ظرف درب‌دار توزیع و به‌ترتیب مقادیر صفر، ۱ و ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه به‌صورت وزنی/حجمی به آنها افزوده شد و برای پوشش‌دارکردن فیله‌های ماهی استفاده شدند.

[1] Fluka Chemika. Sigma-Aldrich Chemie

پوشش‌دهی ماهی

ماهی تیلاپیای نیل با متوسط وزن ۵۰±۵۰۰ گرم از یکی از مراکز پرورش ماهی در شهرستان قم تهیه و در جعبهٔ عایق حاوی یخ و دمای کنترل‌شده ۴±۱ درجهٔ سانتی‌گراد به دانشگاه ارومیه منتقل شدند. پس از قطع سر و خارج‌کردن امعاواحشا درحالی‌که پوست روی بدن ماهی قرار داشت، با آب شست‌وشو داده‌شده و خشک شدند. فیله‌های خشک‌شده به ۴ گروه از قطعه‌های ۲۰۰ گرمی تقسیم شدند. گروه اول به‌عنوان تیمار شاهد (تیمار اول) و سه گروه دیگر به‌عنوان تیمارهای آزمایشی، دو بار (با فاصلهٔ ۱ دقیقه) و هر بار به مدت ۱ دقیقه به‌ترتیب در محلول‌های حاوی کیتوزان (تیمار دوم)، کیتوزان و ۱ درصد عصارهٔ اناریجه (تیمار سوم) و کیتوزان و ۲ درصد عصارهٔ اناریجه (تیمار چهارم) وارد شدند. فیله‌های آغشته به محلول‌های تیماری به مدت ۳ دقیقه از صفحه‌های مشبک استریل آویزان شدند تا محلول‌های اضافی از روی آنها جدا شود و سپس در دمای یخچال (۴ درجهٔ سانتی‌گراد) به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. سپس ارزیابی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی تیمارها در طول نگهداری سرد در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ انجام شد.

ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی

اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH از روش استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۰۲۸ استفاده شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۸۶). ابتدا ۵ گرم از فیله‌های ماهی هر تیمار جداشده و در ۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر توسط دستگاه هموژنایزر (T20، IKA، ساخت آلمان) در ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه، هموژن گردید. سپس pH هرکدام از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pHمتر (Metrohm، E520، Herisau، ساخت سوئیس) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری بازهای ازتهٔ فرار

برای اندازه‌گیری مجموع بازهای ازتهٔ فرار[2] ۱۰ گرم فیلهٔ هموژن‌شده از هر تیمار با ۳۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۲ گرم اکسید منیزیم مخلوط و در دستگاه کجلدال حرارت داده شد. بخارهای حاصل پس از تقطیر وارد یک ارلن

[2] Total Volatile Basic Nitrogen

حاوی ۲۵ میلی‌لیتر اسید بوریک ۳ درصد و چند قطره متیل‌رد شد. تقطیر تا رسیدن حجم محلول ارلن به ۵۰ میلی‌لیتر ادامه یافت و سپس با اسید سولفوریک (۰/۰۵ مولار) تیترشده و در ضریب ۱۴ ضرب گردید و به‌صورت میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی بیان شد (Ojagh, Rezaei, Razavi, & Hosseini, 2010).

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید

برای بررسی میزان اکسیداسیون چربی‌ها از ترکیب مالون‌دی‌آلدهید-تیوباربیتوریک اسید استفاده می‌شود. این ترکیب از واکنش مالون‌دی‌آلدهید موجود در نمونه‌ها با تیوباربیتوریک اسید تشکیل می‌شود و می‌توان مقدار آن را با اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری کرد. برای بررسی میزان اکسیداسیون چربی‌های نمونه‌های موردآزمایش، ۱۰ گرم از فیله‌های هر تیمار جداشده و با ۲ میلی‌لیتر تری‌کلرو استیک اسید (۵ درصد) و ۱ میلی‌لیتر بوتیل‌هیدروکسی تولوئن[1] مخلوط شد و با دستگاه هموژنایزر با ۱۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱ دقیقه هموژن گردید. سپس این محلول با کاغذ واتمن شمارهٔ ۴۲ فیلترشده و با تری‌کلرو استیک اسید به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل با ۵ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید ۰/۰۲ مولار مخلوط‌شده و سپس ورتکس گردید و به مدت ۱ ساعت در بن‌ماری ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خنک‌شدن میزان جذب نوری آن در مقابل محلول بلانک (۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۵ میلی‌لیتر محلول تیوباربیتوریک اسید) در طول موج ۵۳۲ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (S2100، Unico Dayton، ساخت آمریکا) اندازه‌گیری و قرائت شد. پس از رسم منحنی استاندارد، میزان ترکیب تیوباربیتوریک اسید برحسب میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید به ازای هر کیلوگرم گوشت گزارش شد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۶).

ارزیابی ویژگی‌های میکروبی

برای انجام آزمایش‌های میکروبی ابتدا با اسکالپل استریل، ۱۰ گرم نمونه از فیله‌های هر تیمار در شرایط استریل نمونه‌برداری شد و به داخل زیپ کیپ حاوی ۹۰ میلی‌لیتر پپتون واتر (۰/۱ درصد) منتقل شد و با دستگاه استومیکر (مدل ۴۰۰، شرکت اینترسینس، ساخت فرانسه) با سرعت ۲۵۰ دور در دقیقه و به مدت ۲ دقیقه هموژن گردید. درنهایت برای آزمایش‌های میکروبی با استفاده از محیط‌های اختصاصی رقت‌های سریالی در لوله‌های آزمایش حاوی ۹ میلی‌لیتر پپتون واتر (۰/۱ درصد) تهیه شد.

برای شمارش باکتری‌های مزوفیل و سرماگرا، با استفاده از سمپلر مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از هرکدام از رقت‌های تهیه‌شده برداشته و روی محیط‌کشت پلیت کانت آگار (PCA[2]) قرار داده شد و با استفاده از لولهٔ L شکل استریل روی سطح محیط‌کشت به‌صورت یکنواخت پخش شد (از هر رقت ۶ تکرار تهیه شد). سپس نیمی از پلیت‌های آماده‌شده برای شمارش باکتری‌های مزوفیل در انکوباتور با دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. نیم دیگر پلیت‌های آماده‌شده برای شمارش باکتری‌های سرماگرا در انکوباتور با دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۷ روز قرار داده شدند. پس از زمان‌های یادشده کلنی‌های تشکیل‌شده در پلیت‌ها شمارش‌شده و نتایج به‌صورت لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم بیان شدند (حمزه و رضایی، ۱۳۹۰).

برای شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه، ۱۰۰۰ میکرولیتر از رقت‌های مختلف نمونهٔ تهیه‌شدهٔ قبلی به پلیت‌های استریل اضافه‌شده و سپس ۱۵ میلی‌لیتر محیط‌کشت ویولت رد بایل گلوکز آگار (VRBGA[3]) به پلیت‌ها اضافه شد (از هر رقت سه تکرار تهیه شد). بعد از بسته‌شدن محیط‌کشت، پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد در انکوباتور قرار گرفتند. سپس کُلنی‌های تشکیل‌شده شمارش شدند و نتایج به‌صورت لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم بیان شد (حمزه و رضایی، ۱۳۹۰). به‌منظور شمارش کپک‌ها و مخمرها، از هرکدام از رقت‌های نمونهٔ تهیه‌شده میزان ۱۰۰ میکرولیتر به محیط‌کشت پوتیتو دکستروز آگار (PDA[4]) اضافه شد و نمونه روی محیط‌کشت به‌صورت یکنواخت پخش شد (از هر رقت سه تکرار تهیه شد). سپس پلیت‌ها به مدت ۵ روز در انکوباتور با دمای ۲۵

[1] Butylated hydroxytoluene

[2] Plate count agar

[3] Violet red bile glucose agar

[4] Potato dextrose agar

درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از ۵ روز کُلنی‌های تشکیل‌شده شمارش شدند و نتایج به‌صورت لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم بیان شد (حمزه و رضایی، ۱۳۹۰).

ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی فیله‌های خام و پختهٔ ماهی در تیمارهای مختلف از یک گروه ۷ نفرهٔ آموزش‌دیده و روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. در روزهای نمونه‌برداری فیله‌های نمونه‌برداری‌شده از هر تیمار به‌صورت خام ازنظر ویژگی‌های رنگ، بو و بافت بررسی شدند و براساس یک مقیاس عددی ۱ تا ۵ توسط افراد پانل امتیازدهی شدند. نتایج به‌صورت میانگین تمام پارامترها گزارش شد. همچنین نمونه‌های ماهی درون بخارپز پخته‌شده و مجدد توسط افراد ازنظر ویژگی‌های حسی به‌صورت پذیرش کلی موردبررسی و امتیازدهی قرار گرفتند. فیله‌های خام و پخته با امتیاز کمتر از ۳ به‌عنوان محصول غیرقابل‌پذیرش تعریف شدند (Maghami, Motalebi, & Anvar, 2019).

تجزیه‌وتحلیل آماری

آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۳ استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های شیمیایی

pH

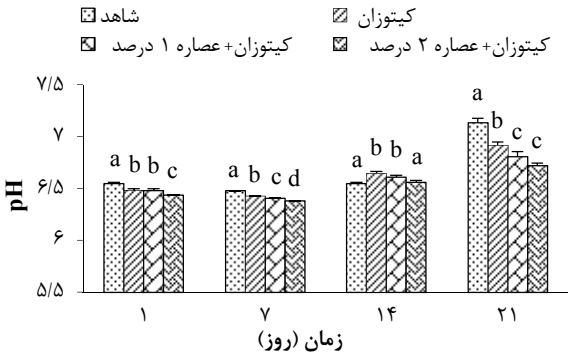
براساس داده‌های شکل (۱) روند افزایش pH در نمونهٔ شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. در تمام دوره‌های اندازه‌گیری pH، با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) داشته و بیشترین مقدار pH در تمامی دوره‌های اندازه‌گیری، مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار کیتوزان همراه با ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه مشاهده شد.

در مطالعهٔ حاضر وقتی در هر دورهٔ زمانی از تیمار شاهد به سمت تیمار کیتوزان همراه با عصارهٔ ۲ درصد عصارهٔ اناریجه پیش رفت، میزان افزایش pH کاهش یافته است که این خود نشان‌دهندهٔ توانایی آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی عصارهٔ این گیاه می‌باشد. به‌طورکلی با کاهش رشد میکروبی در تیمارها در مقایسه با شاهد روند افزایش pH و نیز تولید ترکیبات نیتروژنی فرار نیز کاهش یافته است. در مطالعهٔ انجام‌شده توسط اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۶) بر عملکرد آنتی‌اکسیدانی و محتوای تام فنولی عصارهٔ اناریجه نشان داده شد که عصاره حاوی ۳۷/۶۸ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم بوده و در روش به‌دام‌انداختن رادیکال ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH[1]) نیز اثر مهارکنندگی قابل‌توجهی از خود نشان داد. کاهش pH طی نگهداری فیله‌ها با نتایج پژوهش فرجامی و حسینی (۱۳۹۴) با موضوع بررسی اثر عصارهٔ آویشن شیرازی[2] بر کیفیت میکروبی و شیمیایی سوریمی ماهی کپور معمولی[3] طی نگهداری در یخچال مطابقت داشت. در تحقیق این پژوهشگران میزان pH نمونه‌های شاهد در تمام روزهای آزمایش به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیشتر از نمونه‌های تیمارشده با عصارهٔ آویشن بود، به‌جز روز آخر نگهداری نمونه‌ها که بین مقادیر میانگین pH در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$) فرجامی و حسینی (۱۳۹۴). پژوهش پزشک، رضایی، راشدی و حسینی (۱۳۹۱) با موضوع اثر ضدمیکروبی اکسیداسیون عصارهٔ زردچوبه[4] در شرایط آزمایشگاهی بر نگهداری فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان[5] در دمای یخچال، نیز مؤید نتایج مطالعهٔ حاضر است. پزشک و همکاران (۱۳۹۱) نیز مانند فرجامی و حسینی (۱۳۹۴) در مطالعهٔ خود دلیل کمتربودن معنی‌داری pH را در نمونه‌های تیمارشده با عصاره‌های مورد استفاده، خاصیت ضدباکتریایی آنها که ناشی از وجود موادی مانند ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی از قبیل گالیک اسید[6]، کافئیک اسید[7]، کلروژنیک اسید[8]، کامپفرول[9] و آپیجنین[10]، گزارش کرده‌اند که با جلوگیری از فعالیت

[1] 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
[2] *Zataria multiflora*
[3] *Cyprinus carpio*
[4] *Curcuma longa*
[5] *Oncorhynchus mykiss*
[6] Gallic acid
[7] Cafeic acid
[8] Chlorogenic Acid
[9] Kaempferol
[10] Apigenin

باکتری‌ها (ازطریق جلوگیری از بیان ژن‌های باکتری) و یا ازبین‌بردن آنها (ازطریق تخریب دیوارهٔ سلولی باکتری) موجب جلوگیری از ایجاد ترکیبات نیتروژنی و شرایط نامناسب در نمونه‌های فیلهٔ ماهیان شده است (Mei, Ma, & Xie, 2019).

تجزیهٔ ترکیبات نیتروژنی در طول نگهداری ماهی، توسط باکتری‌های عامل فساد و همچنین فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک اتفاق می‌افتد و این امر منجربه‌افزایش زیاد pH گوشت، رشد بیشتر باکتری‌ها، کاهش کیفیت و درنهایت فساد ماهی می‌شود (Wang, Shan, Han, Zhao, & Zhang, 2019).



شکل ۱- تغییرات شاخص شیمیایی pH در فیله‌های ماهیان تیمارهای مختلف

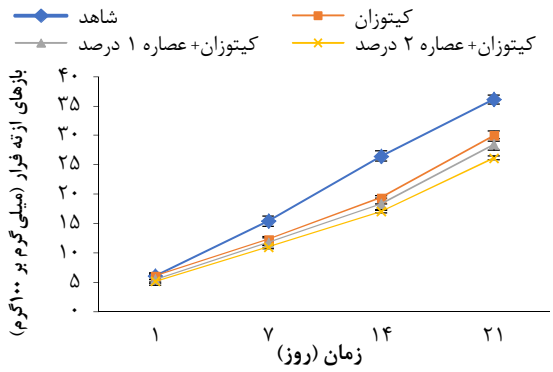
حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) است.

مجموع بازهای ازتهٔ فرار

دامنهٔ وسیعی از بازهای ازتهٔ فرار ازجمله آمونیاک، متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، تری‌متیل‌آمین و دیگر ترکیبات مشابه که در اثر فعالیت‌های میکروبی تولید می‌شوند، به‌عنوان معیاری مناسب برای ارزیابی کیفی و ماندگاری فراورده‌های دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. طبق نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز مجموع بازهای ازتهٔ فرار در تیمارهای مختلف (شکل ۲)، در تمام دوره‌های اندازه‌گیری، کمترین و بیشترین مقدار این بازها به‌ترتیب در تیمار کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه و تیمار شاهد مشاهده شد. مقدار این شاخص در تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نشان داد. در هر دورهٔ زمانی در تیمار پوشش‌یافته با کیتوزان همراه با ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه، میزان مجموع بازهای فرار در مقایسه با کنترل کمتر افزایش یافته است. همان‌گونه‌که در نتایج اندازه‌گیری این شاخص نشان داده شده است. روند افزایش بازهای ازتهٔ فرار در تیمار شاهد از اولین تا آخرین نوبت اندازه‌گیری، نسبت به سایر تیمارها به مراتب بیشتر بود. افزایش بازهای ازتهٔ فرار در تیمار شاهد به بیشتربودن فعالیت باکتری‌ها و تولید این ترکیب‌ها برمی‌گردد که استفاده از پوشش با خواص ضدمیکروبی مانند کیتوزان و اناریجه می‌توان تولید این ترکیب‌ها را با ممانعت از رشد باکتری‌ها کاهش دهد (Mei *et al.*, 2019).

به‌طورمشابه افزایش بازهای ازتهٔ فرار طی زمان نگهداری در محصول ماهی در سایر مطالعه‌ها مانند تحقیق رضاییان، حسینی، انوشه و فرجامی (۱۳۹۴)، با عنوان بررسی اثر عصارهٔ چای‌سبز بر کیفیت شیمیایی و میکروبی سوریمی تهیه‌شده از ماهی کپور نقره‌ای[1] و پژوهش اسدی فارسانی، کردجزی، شعبانپور، اجاق و جمشیدی (۱۳۹۷) با عنوان اثر خواص ضداکسیداسیونی عصارهٔ جلبک قهوه‌ای روی ماندگاری و خواص حسی ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در فریزر با دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شد (اسدی فارسانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ پزشک و همکاران، ۱۳۹۱). این محققین دلیل کمتربودن بازهای ازتهٔ فرار در تیمارهای دارای عصاره‌های گیاهی را مکانیسم عمل ضدمیکروبی عصاره‌ها بیان کرده‌اند (Fabra, Lopez-Rubio, & Lagaron, 2014). کمیسیون اروپا مقدار ۳۵ میلی‌گرم بازهای ازتهٔ فرار در ۱۰۰ گرم عضلهٔ ماهی را معیار فساد گوشت ماهیان تعیین کرده است (Fabra *et al.*, 2014) و باتوجه‌به اینکه این مقدار در مطالعهٔ حاضر تا روز ۲۱ به‌غیراز تیمار شاهد در سایر تیمارها کمتر از حد استاندارد بوده، نشان فساد حاصل از بازهای ازتهٔ فرار در تیمارهای دارای کیتوزان و عصارهٔ گیاهی مشاهده نشد.

[1] *Hypophthalmichthys molitrix*

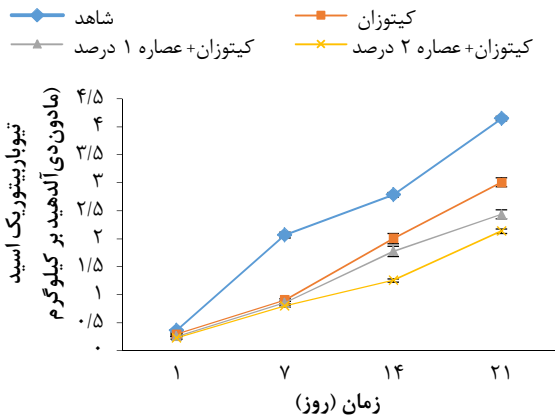


شکل ۲- تغییرات مجموع بازهای ازتهٔ فرار در فیلهٔ ماهیان تیمارهای مختلف در طی نگهداری سرد

شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA[1])

اکسیداسیون چربی‌های گوشت ماهیان پس از مرگ، به‌دلیل وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع، از عوامل اساسی نامطلوب‌شدن طعم و مزه و فساد گوشت در آنها می‌باشد (Barriuso, Astiasarán, & Ansorena, 2013). تیوباربیتوریک اسید یکی از شاخص‌های کاربردی برای ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی‌هاست. با پیشرفت اکسیداسیون چربی‌ها، تولیدات اولیهٔ اکسیداسیون به علت ناپایداربودن به تولیدهای ثانویه مثل مالون‌دی‌آلدهید تبدیل می‌شوند (Barriuso *et al.*, 2013). باتوجه‌به نتایج حاصل از سنجش تیوباربیتوریک اسید وجود اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین تمامی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد و این در حالی است که تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه در تمام نوبت‌های زمانی اندازه‌گیری، دارای کمترین میزان تیوبابیتوریک اسید در بین تمام تیمارها بود (شکل ۳).

در مطالعهٔ حاضر علت بیشتربودن شاخص تیوباربیتوریک اسید در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای حاوی عصاره مربوط به خاصیت فنولیک عصارهٔ گیاه اناریجه (سلمانیان و همکاران، ۱۳۹۷) می‌باشد. باتوجه‌به اینکه میزان مجاز شاخص تیوباربیتوریک اسید در ماهی حداکثر ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بافت ماهی گزارش شده است (سلمانیان و همکاران، ۱۳۹۷)، مقدار این ماده در تیمار شاهد در روز ۷، تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان در روز ۱۴ و تیمارهای کیتوزان حاوی ۱ و ۲ درصد عصارهٔ اناریجه در روز ۲۱ (انتهای دورهٔ آزمایش) از میزان حد مجاز فراتر رفت.



شکل ۳- تغییرات شاخص تیوباربیتوریک اسید در فیلهٔ ماهیان تیمارهای مختلف در طی نگهداری در یخچال

شاخص‌های میکروبی

نتایج شمارش باکتری‌های مزوفیل (جدول ۱) نشان داد که در تمام روزهای اندازه‌گیری تمام تیمارها با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) هستند. از بین تیمارهای مختلف کمترین بار میکروبی باکتری‌های مزوفیل در روزهای نمونه‌برداری متعلق به تیمار کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه بود (جدول ۱).

نتایج شمارش بار میکروبی باکتری‌های سرماگرا (جدول ۱) نشان داد که در اندازه‌گیری روز ۱ و ۷ کمترین بار میکروبی متعلق به تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۱ درصد عصارهٔ اناریجه بوده که با گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بود. اما در دیگر روزهای اندازه‌گیری، کمترین بار آلودگی باکتری‌های سرماگرا متعلق به تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه بود که به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) با تیمار شاهد تفاوت داشت.

[1] Thiobarbituric acid index

جدول ۱- مقایسهٔ تعداد باکتری‌های مزوفیل و باکتری‌های سرماگرا در فیله‌های ماهیان تیمارهای مختلف

تیمارها	باکتری‌های مزوفیل (لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم)				باکتری‌های سرماگرا (لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم)			
	زمان (روز)							
	۱	۷	۱۴	۲۱	۱	۷	۱۴	۲۱
شاهد	۵/۱۱±۰/۱۵^{a}	۶/۴۷±۰/۲۶^{a}	۷/۲۰±۰/۱۵^{a}	۹/۵۰±۰/۴۰^{a}	۵/۱۷±۰/۱۸^{a}	۷/۰۶±۰/۰۶^{a}	۸/۷۲±۰/۱۷^{a}	۸/۷۹±۰/۲۶^{a}
کیتوزان	۴/۷۵±۰/۱۰^{b}	۵/۳۰±۰/۲۱^{b}	۵/۴۷±۰/۲۲^{b}	۶/۰۱±۰/۱۵^{b}	۳/۷۳±۰/۱۷^{c}	۳/۸۴±۰/۲۴^{b}	۵/۲۹±۰/۲۳^{b}	۸/۶۵±۰/۱۴^{a}
کیتوزان+عصارهٔ ۱ درصد	۲/۰۴±۰/۲۲^{c}	۲/۳۰±۰/۱۵^{c}	۲/۷۴±۰/۱۳^{c}	۳/۵۰±۰/۰۵^{c}	۳/۰۵±۰/۱۶^{b}	۳/۷۲±۰/۱۴^{b}	۳/۸۲±۰/۱۹^{c}	۴/۷۸±۰/۱۱^{b}
کیتوزان+عصارهٔ ۲ درصد	۱/۹۵±۰/۱۷^{c}	۲/۲۹±۰/۲۲^{c}	۲/۶۱±۰/۲۱^{c}	۲/۸۰±۰/۱۳^{c}	۳/۱۲±۰/۲۱^{b}	۴/۸۳±۰/۱۰^{c}	۳/۶۹±۰/۳۱^{c}	۳/۴۵±۰/۱۶^{c}

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف متفاوت در هر ستون برای هر شاخص، نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) است.

براساس نتایج شمارش میکروبی انتروباکتریاسه‌ها، در تمام روزهای اندازه‌گیری بار میکروبی تمام تیمارها به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از بار میکروبی تیمار شاهد بود. کمترین بار میکروبی انتروباکتریاسه در روزهای ۱ و ۲۱ مربوط به تیمار کیتوزان حاوی ۱ درصد عصارهٔ اناریجه و در روزهای ۷ و ۱۴ مربوط به تیمار کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه بود (جدول ۲).

نتایج جدول (۲) نشان داد در تمام روزهای اندازه‌گیری، ازنظر بار کپک و مخمر اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار حاوی عصارهٔ گیاه اناریجه با سایر تیمارها وجود داشت ($P<۰/۰۵$) و در این میان تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه کمترین بار میکروبی کپک و مخمر را دارا بود. بار میکروبی موجود در گوشت ماهیان از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش ماندگاری و فسادپذیری آن است. در مطالعهٔ حاضر شمارش باکتری‌های مزوفیل در تیمار شاهد پس از ۱۴ روز نگهداری در دمای یخچال به بالای ۷ لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم رسید که با نتایج حمزه و رضایی (۱۳۹۰) و Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. اما تیمارهای دارای کیتوزان و عصارهٔ گیاه اناریجه به‌طور معنی‌داری بار باکتریایی مزوفیل کمتری نسبت به شاهد دارند که این موضوع نشان از خاصیت ضدباکتریایی کیتوزان و عصارهٔ اناریجه دارد (Azizkhani & Sodanlo, 2021). گروه‌های فعال فنولیک موجود در گیاه اناریجه باعث اختلال در سیستم‌های آنزیمی مختلف، تولید انرژی سلولی و سنتز اجزای ساختاری و آسیب رساندن به مواد ژنتیکی باکتری‌ها شده و از رشد و تکثیر آنها در گوشت ماهی جلوگیری می‌کنند (Savoia, 2012). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود، خاصیت ضدباکتریایی عصارهٔ اناریجه (به‌ویژه ۲ درصد عصاره) به‌طور معنی‌داری نسبت به کیتوزان هم بالاتر است. عوامل باکتریایی فساد در ماهی و فراورده‌های دریایی به‌طورعمده باکتری‌های سرماگرا هستند (جرجانی، قلیچی و هدایتی فرد، ۱۳۹۷). این باکتری‌ها قادرند در صفر درجهٔ سانتی‌گراد هم فعالیت نموده و پس از گذراندن مرحلهٔ سکون یا فاز تأخیری و سازش با شرایط محیطی به سرعت وارد فاز لگاریتمی شده و در شرایط بی‌هوازی تکثیر پیدا کنند (اعتمادی و همکاران، ۱۳۸۷). از ویژگی‌های مهم باکتری‌های سرماگرا، دارابودن آنزیم پروتئولیتیک و لیپولیتیک قوی و سرعت تکثیر آنها در زمان کوتاه می‌باشد (Ghaly, Dave, Budge, & Brooks, 2010). بنابراین این ارگانیسم‌ها قادرند در زمان کوتاهی باعث فساد گوشت ماهیان شوند. در مطالعهٔ حاضر تقریبا در تمام روزهای نمونه‌برداری تعداد کلنی‌های باکتری‌های سرماگرا به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیشتر از سایر باکتری‌ها ارزیابی شد، اما در تیمارهای دیگر به‌دلیل خاصیت ضدباکتریایی کیتوزان و ترکیبات فعال موجود در عصارهٔ گیاه اناریجه که در تعامل با لایهٔ فسفولیپیدی غشاء سلولی باکتری‌ها باعث افزایش نفوذپذیری و ازدست‌دادن ترکیبات سلولی آنها می‌شود (Azizkhani & Sodanlo, 2021) ، تعداد کُلنی‌های باکتری‌ها نسبت به گروه شاهد کاهش یافته است (جدول ۲). افزایش تعداد باکتری‌های سرماگرا طی دورهٔ نگهداری در این مطالعه با نتایج اعتمادی و همکاران (۱۳۸۷) که تأثیر عصارهٔ جعفری بر ماندگاری فیلهٔ ماهی کپور نقره‌ای در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد را بررسی کرده‌اند (Esmaeli *et al.*, 2019)، مطابقت دارد.

جدول ۲- مقایسهٔ تعداد باکتری‌های *آنتروباکتریاسه‌آ*، کپک و مخمر در فیله‌های ماهیان تیمارهای مختلف

تیمارها	باکتری‌های *آنتروباکتریاسه‌آ* (لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم)				کپک و مخمر (لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر گرم)			
	زمان (روز)							
	۱	۷	۱۴	۲۱	۱	۷	۱۴	۲۱
شاهد	۳/۱۹±۰/۱۱^{a}	۵/۰۳±۰/۰۹^{a}	۷/۲۰±۰/۰۷^{a}	۷/۷۴±۰/۰۵^{a}	۳/۹۳±۰/۲۴^{a}	۴/۲۴±۰/۱۷^{a}	۷/۰۳±۰/۴۰^{a}	۸/۷۰±۰/۳۰^{a}
کیتوزان	۲/۰۵±۰/۲۵^{b}	۲/۳۰±۰/۱۴^{b}	۵/۴۷±۰/۲۴^{b}	۲/۶۸±۰/۱۳^{b}	۳/۷۱±۰/۲۴^{b}	۳/۷۴±۰/۳۱^{b}	۷/۰۱±۰/۰۴^{a}	۸/۱۶±۰/۲۴^{a}
کیتوزان+عصارهٔ ۱ درصد	۱/۳۱±۰/۱۴^{c}	۱/۹۲±۰/۱۷^{c}	۲/۷۴±۰/۱۳^{c}	۱/۲۹±۰/۱۵^{c}	۳/۸۴±۰/۱۶^{c}	۳/۹۲±۰/۰۹^{c}	۶۳/۵±۰/۴۱^{b}	۶/۶۷±۰/۲۹^{b}
کیتوزان+عصارهٔ ۲ درصد	۱/۳۵±۰/۱۵^{c}	۱/۲۹±۰/۰۹^{c}	۲/۶۱±۰/۱۷^{d}	۲/۳۶±۰/۱۴^{c}	۳/۸۳±۰/۱۷^{b}	۳/۸۹±۰/۱۹^{c}	۵/۵۹±۰/۴۱^{b}	۶/۲۵±۰/۳۳^{b}

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف متفاوت در هر ستون برای هر شاخص، نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) است.

Frangos و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر اسانس پونهٔ کوهی را روی زمان ماندگاری فیلهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری‌شده در دمای یخچال بررسی کردند و نتایج ایشان بیان‌کنندهٔ کاهش میزان باکتری‌های انتروباکتریاسه در فیله‌های ماهی بود (فرجامی و حسینی، ۱۳۹۴). نتایج مطالعهٔ حاضر نیز بیان‌کنندهٔ تأثیر کیتوزان و عصارهٔ گیاه اناریجه بر کاهش معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) باکتری‌های آنتروباکتریاسه و کپک و مخمر موجود در فیله‌های تیلاپیا نسبت به گروه شاهد است.

ارزیابی حسی

به‌طورکلی ویژگی‌های حسی فیله‌های ماهیان با شرایط اکسیداسیون لیپیدها، اکسیداسیون پروتئین‌های هموگلوبین و میوگلوبین، فعالیت‌های غیرآنزیمی بین تولیدهای حاصل از اکسیداسیون لیپید و گروه‌های آمینی پروتئین و فساد میکروبی مرتبط باشد و مجموع این واکنش‌ها درنهایت تأثیر خود را در ویژگی‌های حسی و کیفی فیله‌ها نشان خواهد داد. در ارزیابی‌های کیفی شاخص‌های مختلفی جهت تعیین تازگی ماهی استفاده می‌شوند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به رنگ، بو و طعم ماهی اشاره کرد. بوی بد عامل اصلی کاهش پذیرش ماهی است که به‌دلیل افزایش میزان نیتروژن غیرپروتئینی، میزان بالای چربی و آنزیم‌های اتولیتیک در بافت ماهی است. بوی ضعیف ناشی از اکسیداسیون لیپید و آمونیاک حاصل از فعالیت میکروبی و آنزیمی می‌تواند بر بوی فساد ماهی در طول زمان نگهداری تأثیر داشته باشد. به‌طور گسترده، ترکیبات حاصل از اکسیداسیون چربی مهم‌ترین عامل در ایجاد بو و طعم بد است (Ghaly *et al*., 2010).

نتایج میانگین ارزیابی حسی تیمارهای خام ماهی تیلاپیا نشان داد که تا روز ۷ آزمایش اختلاف معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) بین تیمارها مشاهده نشد. اما در روز ۱۴ آزمایش تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه با گرفتن بالاترین امتیاز نسبت به گروه شاهد و تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نشان داد. اما در روز ۲۱ هیچ‌کدام از تیمارها ازنظر ارزیابی حسی امتیاز مطلوب (امتیاز بیشتر از ۳) نگرفته و به‌عنوان نمونه‌های غیرقابل‌پذیرش شناخته شدند. نمونه‌های پخته‌شده ازنظر پذیرش کلی تنها تا روز ۷ آزمایش، امتیاز مطلوب دریافت کردند که تیمار کیتوزان حاوی ۱ درصد و دو ۲ عصارهٔ اناریجه با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند. در بررسی نمونه‌های پخته، در روز ۷ آزمایش تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه با بالاترین امتیاز نسبت به تمام تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نشان داد. روش ارزیابی شاخص حسی و کیفی یکی از روش‌های مناسب جهت تشخیص تازگی بافت عضلهٔ ماهی است. در پژوهش حاضر نتایج در بررسی نمونه‌های خام و پختهٔ ماهیان (جدول ۳ و ۴) نشان داد که پوشش‌های کیتوزان و عصارهٔ گیاه اناریجه با گذر زمان نقش قابل‌قبولی در حفظ کیفیت فیله‌های تیلاپیا نشان می‌دهند و این موضوع با افزایش مقدار عصارهٔ اناریجه در پوشش فیله‌ها، بهتر خود را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه، با دریافت بالاترین امتیاز در روز ۷ (برای نمونه‌های پخته) و ۱۴ (برای نمونه‌های خام) به‌طور

معنی‌داری (P<۰/۰۵) بیشترین نقش حفاظتی از فیله‌ها را نشان داده است. دلیل اینکه در روز ۱۴ آزمایش نمونه‌های تیمارهای پوشش‌دار (تیمارهای دوم، سوم و چهارم) امتیاز قابل‌قبول دریافت کرده، اما نمونه‌های پخته همان تیمارها در همان روز امتیاز کمتر از ۳ گرفته و غیرقابل‌مصرف اعلام شده‌اند، این است که امتیازدهی به نمونه‌های خام باتوجه‌به ارزیابی شاخص‌های ظاهری و بو و بافت نمونه‌ها انجام می‌شود و ممکن است فساد میکروبی و یا غیرمیکروبی در نمونه‌های خام تاحدی نامشخص باشد، ولی در حین پختن نمونه‌ها به علت آزادشدن ترکیبات فرار ایجادشده در زمان فساد، بو و طعم فساد بهتر مشخص‌شده (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۶) و این موضوع باعث کسب امتیاز کمتر نمونه‌های پخته ازنظر داوران شده است. جرجانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز مانند نتایج مطالعهٔ حاضر نمونه‌های خام ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان گروه شاهد را به‌عنوان اولین تیماری که امتیاز قابل‌قبولی در ارزیابی‌های حسی دریافت نکرد، معرفی کردند و نمونه‌های گروه شاهد در روز ۸ مطالعهٔ ایشان، غیرقابل‌مصرف اعلام شدند اما نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با کیتوزان در روز ۱۴ و نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی عصارهٔ سبوس برنج تا روز ۲۰ به امتیاز غیرقابل‌قبول کمتر از ۴ رسیدند.

جدول ۳- ارزیابی حسی نمونه‌های خام فیله‌های ماهیان تیمارهای مختلف

	تیمارها	زمان (روز)			
		۱	۷	۱۴	۲۱
رنگ	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۵۰±۰/۱۴^{a}	۲/۶۶±۰/۹۲^{a}	D
	کیتوزان	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۶۶±۰/۱۴^{a}	۳/۳۳±۰/۶۴^{ab}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۱ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۶۲±۰/۰۵^{b}	۴/۰۰±۰/۸۴^{b}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۲ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{b}	۴/۵۰±۰/۵۵^{b}	D
بو	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۵۳±۰/۱۲^{a}	۲/۷۵±۰/۶۴^{a}	D
	کیتوزان	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۴۸±۰/۱۵^{a}	۲/۷۵±۰/۵۲^{a}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۱ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۷۵±۰/۰۷^{b}	۴/۰۰±۰/۵۲^{b}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۲ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۷۵±۰/۰۴^{b}	۴/۳۳±۰/۳۲^{b}	D
بافت	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۵۵±۰/۱۱^{a}	۲/۷۸±۰/۸۷^{a}	D
	کیتوزان	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۴۸±۰/۱۱^{a}	۳/۲۵±۰/۷۵^{ab}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۱ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{b}	۴/۰۰±۰/۵۵^{b}	D
	کیتوزان + عصارهٔ ۲ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{b}	۴/۵۰±۰/۷۰^{b}	D

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف متفاوت در هر ستون برای هر شاخص، نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) است.

* امتیازدهی از ۱ تا ۵ بوده و نمونه‌هایی که امتیاز کمتر از ۳ گرفته‌اند به‌عنوان نمونه‌های غیرقابل‌پذیرش شناخته‌شده و با حرف لاتین D (Discarded) مشخص شده‌اند.

جدول ۴- ارزیابی حسی (پذیرش کلی) نمونه‌های پختهٔ فیله‌های ماهیان تیمارهای مختلف

تیمارها	زمان (روز)			
	۱	۷	۱۴	۲۱
شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۵۰±۰/۱۳^{a}	D	D
کیتوزان	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۴۸±۰/۱۳^{a}	D	D
کیتوزان + عصارهٔ ۱ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۷۸±۰/۰۶^{b}	D	D
کیتوزان + عصارهٔ ۲ درصد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۹۱±۰/۰۴^{c}	D	D

نتایج به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف متفاوت در هر ستون برای هر شاخص، نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) است.

* امتیازدهی از ۱ تا ۵ بوده و نمونه‌هایی که امتیاز کمتر از ۳ گرفته‌اند به‌عنوان نمونه‌های غیرقابل‌پذیرش شناخته‌شده و با حرف لاتین D (Discarded) مشخص شده‌اند.

نتیجه‌گیری

افزایش عمر نگهداری ماهی تیلاپیای نگهداری‌شده در دمای یخچال با استفاده از ترکیب پوشش کیتوزان و عصارهٔ گیاه اناریجه با غلظت ۱ و ۲ درصد در این تحقیق بررسی شد. براساس نتایج مطالعهٔ حاضر کیتوزان و عصارهٔ گیاه اناریجه با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی خود روند افزایش pH، بازهای ازتهٔ فرار، تیوباربیتوریک اسید، بار میکروبی، کپک و مخمر فیله‌های تیلاپیا را نسبت به گروه شاهد کُند می‌نماید و درحالی‌که تیمار شاهد در روز ۷ غیرقابل‌مصرف شد ولی تیمار پوشش‌داده‌شده با کیتوزان حاوی ۲ درصد عصارهٔ اناریجه شرایط بهتری را نشان‌داده و موجب جلوگیری از فساد فیله‌های تیلاپیا حداقل به مدت ۲ هفته نسبت به گروه شاهد شد. لذا استفاده از پوشش کیتوزان و ۲ درصد عصارهٔ گیاه اناریجه برای نگهداری فیله‌های تیلاپیا در دمای یخچال و جلوگیری از فساد آن پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود وظیفه می‌دانند از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه ارومیه که با مساعدت مالی در اجرای این تحقیق همکاری نموده‌اند و نیز کارشناسان محترم آزمایشگاه و کلیهٔ پرسنل و کارکنان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

مشارکت نویسندگان

نعیمه فرهادی: جمع‌آوری داده، نوشتن پیش‌نویس مقاله و آنالیز داده‌ها؛ **سعید مشکینی**: ارائهٔ ایدهٔ پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه‌وتحلیل و تفسیر داده‌ها، بازبینی و اصلاح مقاله، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخهٔ نهایی؛ **تورج مهدی‌زاده**: ارائهٔ ایدهٔ پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه‌وتحلیل و تفسیر داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله، بازبینی و اصلاح مقاله، آنالیز داده‌ها، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخهٔ نهایی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع

اسدی فارسانی، ا.، کردجزی، م.، شعبانپور، ب.، اجاق، س.، و جمشیدی، ا. (۱۳۹۷). اثر خواص ضداکسیداسیونی عصارهٔ جلبک قهوه‌ای روی ماندگاری و خواص حسی ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در فریزر با دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، *۷*(۲)، ۱۴۹-۱۶۶. doi:https://doi.org/10.22101/jrifst.2018.07.17.723

اسماعیلی، ف.، تاجیک، ح.، مهدی‌زاده، ت.، و مایلی، م. (۱۳۹۶). بررسی و مقایسه عملکرد آنتی‌اکسیدانتی و تعیین محتوای تام فنلی اسانس و عصاره الکلی-آبی گیاه اناریجه (Pimpinella Affinis). *مجله مطالعات علوم پزشکی*، *۲۸*(۵)، ۳۱۱-۳۲۰ .

اعتمادی، ح.، رضائی، م.، و عابدیان، ع. (۱۳۸۷). پتانسیل آنتی باکتریایی و آنتی اکسیدانی عصاره رزماری (Rosmarinus officinalis) در افزایش عمرماندگاری ماهی قزل آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss). *علوم و صنایع غذایی ایران*، *۵*(۱۹)، ۶۷-۷۷ .

پزشک، س.، رضایی، م.، راشدی، ح.، و حسینی، ه. (۱۳۹۱). مطالعه اثر ضد باکتریایی و ضد اکسیداسیونی عصاره زردچوبه (*Curcuma Longa*) در شرایط آزمایشگاهی بر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). *علوم و صنایع غذایی*، ۹(۳۵)، ۷۷-۸۷ .

جرجانی، س.، قلیچی، ا.، و هدایتی فرد، م. (۱۳۹۷). تأثیر پوشش کیتوزان به همراه عصاره سبوس برنج بر زمان ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان پرورشی (Oncorhynchus mykiss) طی دوره نگهداری در یخچال. *پژوهش‌های صنایع غذایی*، ۲۸(۳)، ۱۵۳-۱۶۷ .

حمزه، ع.، و رضایی، م. (۱۳۹۰). ضداکسیداسیونی و ضد باکتریایی پوشش آلژینات سدیم به همراه اسانس آویشن بر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در یخچال. *علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، *۶*(۳)، ۱۱-۲۰ .

رضاییان، ح.، حسینی، س.، انوشه، ن.، و فرجامی، ب. (۱۳۹۴). بررسی اثر عصاره چای سبز بر کیفیت شیمیایی و میکروبی سوریمی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای (Hypophthalmichthys molitrix). *مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۴(۱)، ۱۰۹-۱۱۹ . dor:https://dorl.net/20.1001.1.2345427.1394.4.1.9.7

سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۶). *گوشت و فرآورده‌های آن-تعیین-pH روش آزمون مرجع*. (استاندارد ملی ایران، شمارهٔ ۱۰۲۸، تجدیدنظر اول). برگرفته از http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=11604

سلمانیان، ش.، صادقی‌ماهونک، ع.، و جامسون، م. (۱۳۹۷). تعیین محتوی، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و شناسایی ترکیب فنولی غالب در عصاره اناریجه به روش کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا. *علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۵(۸۱)، ۲۸۷-۲۹۷ .

شکوه صارمی، ا.، حبیبی نجفی، م. ب.، حداد خداپرست، م.، و بحرینی، م. (۱۳۹۷). بررسی اثرات آنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی عصاره اناریجه در افزایش عمر ماندگاری ماهی کیلکای چرخ شده تلقیح شده با لیستریا مونوسیتوژنز. *نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، ۱۰(۴)، ۴۳-۵۴ . dor:https://dorl.net/dor/20.1001.1.24234966.1397.10.4.4.3

صادقی، ث.، مورکی، ن.، و هنرور، م. (۱۴۰۰). استخراج عصارهٔ گیاه خندل به روش پرکولاسیون و کاربرد آن به‌منظور افزایش زمان ماندگاری در تهیهٔ مارینادِ فیلهٔ میگوی سفید هندی. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، ۱۰(۲)، ۱۹۹-۲۱۶ . doi:https://doi.org/10.22101/jrifst.2021.274948.1232

فرجامی، ب.، و حسینی، س. و. (۱۳۹۴). بررسی اثر عصارهٔ آویشن (Zataria multiflora) در کیفیت شیمیایی سوریمی تولیدشده از ماهی کپور معمولی (Cyprinus carpio) طی نگهداری در یخچال. *شیلات*، ۶۸(۳)، ۴۴۷-۴۵۶. doi:https://doi.org/10.22059/jfisheries.2015.56123

مشایخی، ف.، مرادی، ی.، گوهری اردبیلی، ا.، محمدزاده میلانی، ج.، زارع گشتی، ق.، و رضوانی گیل کلائی، ع. (۱۳۹۲). اثر بسته بندی های مختلف بروی ویژگیهای میکروبی، شیمیایی و حسی فیله ماهی تیلاپیا نیل (Oreochromis niluticus Linnaeus, 1758) نگهداری شده در دمای یخچال. *مجله علمی شیلات ایران*، ۲۲(۱)، ۸۵-۱۰۰. doi:https://doi.org/10.22092/isfj.2017.110105

مهدی‌زاده، ت.، تاجیک، ح.، رضوی‌روحانی، س.، و ارومیه‌ای، ع. (۱۳۹۱). ارزیابی ویژگی‌های ضدباکتریایی، آنتی اکسیدانی و نوری فیلم خوراکی کامپوزیتی نشاسته - کیتوزان حاوی عصاره الکلی پوست انار. *مجله مطالعات علوم پزشکی*، ۲۳(۳)، ۳۱۵-۳۲۳

Asadi Farsani, O., Kordjazi, M., Shabanpour, B., Ojagh, S. M., & Jamshidi, A. (2018). The Effect of Antioxidant Properties of Brown Algae (Iyengaria Stellata) Extract on the Shelf-life and Sensory Properties of Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss)Fillet Nugget during Frozen Storage (-18 °C). *Research and Innovation in Food Science and Technology, 7*(2), 149-166. doi:https://doi.org/10.22101/jrifst.2018.07.17.723 (in Persian)

Azizkhani, M., & Sodanlo, A. (2021). Antioxidant activity of Eryngium campestre L., Froriepia subpinnata, and Mentha spicata L. polyphenolic extracts nanocapsulated in chitosan and maltodextrin. *Journal of food processing and preservation, 45*(2), e15120. doi:https://doi.org/10.1111/jfpp.15120

Bahrami, A., Jamzad, M., & Sedaghat, S. (2021). Phytochemicals and Biological Activities of Froriepia subpinnata (Ledeb.) Baill. Extracts. *Journal of Medicinal plants and By-product, 10*(1), 109-115. doi:https://doi.org/10.22092/jmpb.2020.352614.1295

Barriuso, B., Astiasarán, I., & Ansorena, D. (2013). A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European Food Research and Technology, 236*(1), 1-15. doi:https://doi.org/10.1007/s00217-012-1866-9

Cazón, P., & Vázquez, M. (2019). Applications of Chitosan as Food Packaging Materials. In G. Crini & E. Lichtfouse (Eds.), *Sustainable Agriculture Reviews 36: Chitin and Chitosan: Applications in Food, Agriculture, Pharmacy, Medicine and Wastewater Treatment* (pp. 81-123). Cham: Springer International Publishing.

Esmaeli, F., Tajik, H., Mehdizadeh, T., & Mayeli, M. (2019). Effect of combined application of Pimpinella affinis essential oil and extract in zein edible coating on vacuum packaged rainbow trout fillet quality. *Vet Res Forum, 10*(2), 109-117. doi:https://doi.org/10.30466/vrf.2019.75360.2008

Esmaili, F., Tajik, H., Mehdizadeh, T., & Mayeli, M. (2017). Determination and comparison of antioxidant activity and phenolic content of pimpinella affinis hydroethanolic extract and essential oil. *Studies in Medical Sciences, 28*(5), 311-320. (in Persian)

Etemadi, H., Rezaei, M., & Abedian Kenary, A. M. (2008). Antibacterial and antioxidant potential of rosemary extract (Rosmarinus officinalis) on shelf life extension of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Journal of food science and technology(Iran), 5*(19), 67-77. (in Persian)

Fabra, M. J., Lopez-Rubio, A., & Lagaron, J. M. (2014). Nanostructured interlayers of zein to improve the barrier properties of high barrier polyhydroxyalkanoates and other polyesters. *Journal of Food Engineering, 127*, 1-9. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.022

Fan, W., Chi, Y., & Zhang, S. (2008). The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (Hypophthalmicthys molitrix) during storage in ice. *Food Chemistry, 108*(1), 148-153. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.057

Farjami, B., & Hosseini, S. V. (2015). Effect of thyme extract on the chemical quality of raw surimi produced from Common carp (Cyprinus carpio) during refrigerator storage. *Journal of Fisheries, 68*(3), 447-456. doi:https://doi.org/10.22059/jfisheries.2015.56123 (in Persian)

Frangos, L., Pyrgotou, N., Giatrakou, V., Ntzimani, A., & Savvaidis, I. N. (2010). Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology, 27*(1), 115-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.09.002

Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review. *American Journal of Applied Sciences, 7*(7), 859-877. doi:https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.859.877

Gómez-Estaca, J., López-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., & Gavara, R. (2014). Advances in antioxidant active food packaging. *Trends in Food Science & Technology, 35*(1), 42-51. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.10.008

Hamzeh, A., & Rezaei, M. (2011). Antioxidant and antibacterial effects of sodium alginate coating enriched with thyme essential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 6*(3), 11-20. (in Persian)

Iranian National Standardization Organization. (2008). Meat and meat products-Measurment of pH-Reference test method. (ISIRI Standard No. 1028, 1st revision). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=11604 (in Persian)

Jorjani, S., Ghlichi, A., & Hedayati Fard, M. (2018). Effect of chitosan coating enriched with rice-bran extract on the shelf-life of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) during cold storage. *Journal of Food Research, 28*(3), 153-167. (in Persian)

Maghami, M., Motalebi, A. A., & Anvar, S. A. A. (2019). Influence of chitosan nanoparticles and fennel essential oils (Foeniculum vulgare) on the shelf life of Huso huso fish fillets during the storage. *Food Science & Nutrition, 7*(9), 3030-3041. doi:https://doi.org/10.1002/fsn3.1161

Mashayekhi, F., Morady, Y., Ashraf Gohari, A., Jafar, M., Zarea, G., & R.G., A. (2013). Effects of different packaging methods on microbial, chimerical and sensory properties of Nile (Tilapia Oreochromis niluticus Linnaeus, 1758) fillets during refrigerator storage. *Iranian Scientific Fisheries Journal, 22*(1), 85-100. doi:https://doi.org/10.22092/isfj.2017.110105 (in Persian)

Mehdizadeh, T., Tajik, H., Razavi Rohani, S. M., & Oromiehie, A. r. (2012). Antibacterial, antioxidant and optical properties of edible starch-chitosan composite film containing pomegranate peel extract. *Studies in Medical Sciences, 23*(3), 315-323. (in Persian)

Mei, J., Ma, X., & Xie, J. (2019). Review on Natural Preservatives for Extending Fish Shelf Life. *Foods (Basel, Switzerland), 8*(10), 490. doi:https://doi.org/10.3390/foods8100490

Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Mutz, Y. d. S., Castro, V. S., Moreira, R. V. d. B. P., Álvares, T. d. S., & Conte-Junior, C. A. (2020). Combined effect of oxygen-scavenger packaging and UV-C radiation on shelf life of refrigerated tilapia (Oreochromis niloticus) fillets. *Scientific Reports, 10*(1), 4243. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-020-61293-8

Nowzari, F., Shábanpour, B., & Ojagh, S. M. (2013). Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry, 141*(3), 1667-1672. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.022

Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry, 120*(1), 193-198. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.006

Pezeshk, S., Rezaei, M., Rashedi, H., & Hosseini, H. (2012). Investigation of antibacterial and antioxidant activity of turmeric extract (Curcuma Longa) on rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in vitro. *Journal of food science and technology(Iran), 9*(35), 77-87. (in Persian)

Rezaeian, H., Hoseini, S. V., Anousheh, N., & Farjami, B. (2015). Effect of green tea extract on chemical and microbial quality of surimi prepared from silver carp (Hypophthalmichthys molitrix). *Utilization and Cultivation of Aquatics, 4*(1), 109-119. dor:https://dorl.net/20.1001.1.2345427.1394.4.1.9.7 (in Persian)

Sadeghii, S., Mooraki, N., & Honarvar, M. (2021). Investigating the Possibility of Extraction of khandal Extract by Percolation Method and its Application in Marinated White Indian Shrimp Fillet. *Research and Innovation in Food Science and Technology, 10*(2), 199-216. doi:https://doi.org/10.22101/jrifst.2021.274948.1232 (in Persian)

Salmanian, S., Sadeghi Mahoonak, A., & Jamson, M. (2018). Determination of amounts, antioxidant properties and identification of main phenolic compound in Enarijeh (Froriepiasubpinnata) extract by RP-HPLC method. *Journal of food science and technology(Iran), 15*(81), 287-297. (in Persian)

Savoia, D. (2012). Plant-derived antimicrobial compounds: alternatives to antibiotics. *Future Microbiol, 7*(8), 979-990. doi:https://doi.org/10.2217/fmb.12.68

Shokoh Saremi, A., Habibi Najafy, M., Hadad khodaparast, M., & Bahrayni, M. (2018). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of Pimpinella affinis extract on Shelf life of minced kilka fish inoculated with Listeria monocytogenes. *Journal of innovation in food science and technology, 10*(4), 43-54. dor:https://dorl.net/dor/20.1001.1.24234966.1397.10.4.4.3 (in Persian)

Wang, X., Shan, J., Han, S., Zhao, J., & Zhang, Y. (2019). Optimization of Fish Quality by Evaluation of Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) and Texture Profile Analysis (TPA) by Near-Infrared (NIR) Hyperspectral Imaging. *Analytical Letters, 52*(12), 1845-1859. doi:https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1571077

Effect of Edible Chitosan Coating Containing *Froriepia subpinnata* Extract on Shelf life of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillet at Refrigerated Temperature

Naeme Farhadi[1], Saeid Meshkini[2], Tooraj Mehdizadeh[2*]

1- Department of Fishery, Faculty of Natural Resource, University of Urmia. Urmia, Iran
2- Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran
* Corresponding author (t.mehdizadeh@urmia.ac.ir)

Abstract
Natural antimicrobial and antioxidant compounds in extracts and essential oils of plant can be used in the edible coatings for packaging of food product. The aim of this study was to investigate the effect of edible chitosan containing *Froriepia subpinnata* extract on storage time of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fille After preparation of fresh fish, except the control group (first treatment), fish fillets were coated with 2% chitosan solution (second treatment), 2% chitosan solution and 1% *F. subpinnata* extract (third treatment) and 2% chitosan solution and 2% *F. subpinnata* extract (fourth treatment) then kept at refrigerator temperature for 21 days. At the beginning of the experiment and at 7th, 14th and 21st days, chemical indexes (pH, total volatile nitrogen bases and thiobarbituric acid), microbial count (mesophilic bacteria, enterobacteriaceae, psychrophile bacteria and mold and yeast) and sensory evaluation of samples were analyzed. Generally, coated treatments showed better quality than the control group in terms of investigated microbial and chemical indexes. Also, the treatment coated with chitosan and 2% of *F. subpinnata* extract showed significant differences ($P<0.05$) compared to the control group in terms of studied indexes until 21st day, and was known the best treatment beside the other treatments. Coating of tilapia fillets with chitosan containing 2% of *F. subpinnata* extract improves chemical and microbial indexes and increases their shelf life up to 14 days in comparison with control.

Keywords: Chemical indexes, Chitosan, Fish fillet, *Froriepia subpinnata* extract, Microbial indexes

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0). To view a copy of this license, visit (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).