Journal of Animal Biology, Summer 2024; 16(4):99-112

Research Article

Effects of *Mentha longifolia* Extract on theTextural Properties of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigeration (4±1°C)

Mohadeseh Heydari*, Seyed Ali Jafarpour, Farid Firouzbakhsh

Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
*Corresponding author: Mohades_heydari@yahoo.com

Received: 4 March 2024 Accepted: 9 June 2024

DOI: 10.60833/ascij.2024.1104473

Abstract

Fish are highly perishable and to prevent or delay their spoilage, it is necessary to use preservatives during storage. The purpose of this study was to investigate the effect of the hydro-alcoholic extract of *Mentha longifolia* as a natural preservative on increasing the shelf life of rainbow trout fillets stored at 4 ± 1°C. For this purpose, 240 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (50.48±0.43 g) were fed for 4 consecutive months in a randomized design including 4 treatments and 3 replications for each treatment. The treatments included an experimental base diet (control group) and levels of 1, 2, and 3 g/kg diet for *Mentha longifolia* extract. At the end of 4 months, rainbow trout fillets were kept at 4±1 degrees Celsius for 21 days. On the zero, 7th, 14th, and 21st days of the experiment, the results showed that the yellowness and redness of the fillets are influenced by the natural color of the hydroalcoholic extract of oregano. The highest brightness and whiteness were observed in the control group compared to the samples treated with plant extract ($p < 0.05$). The highest hardness and elasticity, the lowest adhesive force and the maximum adhesive force index were observed in fish fillets fed with 0.2 and 0.3 percent *Mentha longifolia*. Therefore, the results of the study showed that the diet containing *Mentha longifolia* extract can be used as a natural preservative to increase the shelf life of trout fillets.

Keyword: *Mentha longifolia*, Rainbow trout, Textural Properties, Storage time.

مقاله پژوهشی

تاثیر پونه‌کوهی (*Mentha longifolia*) بر ویژگی‌های بافتی قزل آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) در زمان نگهداری در دمای یخچال (۱ ± ٤ درجه سانتیگراد)

محدثه حیدری*، سید علی جعفرپور، فرید فیروزبخش

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

*مسئول مکاتبات: Mohades_heydari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱٤ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

DOI: 10.60833/ascij.2024.1104473

چکیده

ماهیان بسیار فسادپذیر بوده و برای جلوگیری یا به تعویق انداختن فساد آنها استفاده از مواد نگهدارنده طی نگهداری ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی به عنوان نگهدارنده طبیعی بر افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در دمای ٤±۱ درجه سانتیگراد بود. بدین منظور ۲٤۰ عدد ماهی قزل آلای رنگین‌کمان (۰/٤۳ ± ۵۰/٤۸ گرم) در قالب یک طرح تصادفی شامل ٤ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار، به مدت ٤ ماه متوالی مورد تغذیه قرار گرفتند. تیمارها شامل یک جیره پایه آزمایش (گروه شاهد) و سطوح ۱، ۲ و ۳ گرم بر کیلوگرم جیره برای عصار ه پونه‌کوهی بود. در پایان ٤ ماه، فیله قزل‌آلای رنگین کمان در دمای ٤±۱ درجه سانتیگراد برای ۲۱ روز نگهداری شدند. در روزهای صفر، ۷، ۱٤ و ۲۱ از آزمایش نتایج نشان داد که زردی و قرمزی فیله‌ها تحت تاثیر رنگ طبیعی عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی می‌باشد. بیشترین روشنایی و سفیدی در گروه کنترلی در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با عصاره گیاه مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). بیشترین سختی و کشسانی و کمترین نیروی چسبندگی و شاخص حداکثر نیروی چسبندگی در فیله ماهیان تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد. بنابراین، نتایج مطالعه نشان داد که از جیره حاوی عصاره پونه‌کوهی می‌توان به عنوان نگهدارنده طبیعی، جهت افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل آلا استفاده نمود.

کلمات کلیدی: پونه‌کوهی، قزل‌آلای‌رنگین‌کمان، ویژگی‌های بافتی، زمان نگهداری.

مقدمه

با توجه به رشد روز افزون جمعیت، توجه انسان جهت تامین پروتئین مورد نیاز جامعه، به آبزی‌پروری معطوف شده است. در راستای افزایش تولید ماهی، استفاده از جیره‌های غذایی سالم که علاوه بر حفظ سلامتی و بهبود عملکرد رشد ماهی در طول پرورش، ضامن سلامتی مصرف‌کننده نیز باشد، ضرورت بیشتری می‌یابد. ماهیان به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلندزنجیره، نسبت به فساد، بسیار حساس بوده و از دیگر منابع پروتئینی حیوانی بیشتر مستعد فساد می‌باشند (۱۲). معمولاً بروز واکنش‌های آنزیمی و شیمیایی، سبب افت اولیه در تازگی ماهی می‌شود در حالی که فعالیت‌های میکروبی مسئول فساد ثانویه و تعیین کننده زمان ماندگاری ماهی هستند (۲۲). نگهداری در سرما از روش‌هایی است که در مراکز عرضه ماهی و یا جهت انتقال ماهی از مراکز پرورش تا مراکز فروش استفاده و

سبب کاهش سرعت فعالیت‌های آنزیمی و شیمیایی و فعالیت موجودات ذره بینی خواهد شد، ولی این روش به طور کامل نمی‌تواند محافظت کننده باشد، لذا جهت به حداقل رساندن تغییرات مذکور، حفظ کیفیت مطلوب و افزایش مدت زمان ماندگاری آنها در طول مدت نگهداری از نگهدارنده‌های ضدمیکروبی و ضد-اکسیداسیونی مصنوعی استفاده می‌گردد (۱۹). امروزه مصرف‌کنندگان نسبت به استفاده از افزودنی‌های مصنوعی در غذاها ابراز نگرانی می‌کنند زیرا این ترکیبات دارای عوارض جانبی بر سلامتی انسان ازجمله: مسمومیت غذایی، خطرات قلبی، جهش‌زایی و سرطان می‌باشند (۲۱) و بنابراین تمایل برای افزودنی‌های طبیعی در جهت افزایش ایمنی مواد غذایی، سلامتی مصرف-کنندگان و کاهش نگرانی‌های عمومی در خصوص مضرات استفاده از ترکیبات شیمیایی مصنوعی رایج، بررسی جایگزینی این گونه افزودنی‌های دارای ترکیبات ضد میکروبی و ضد اکسیدانی طبیعی گیاهی همچون عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهان دارویی، هم در صنایع غذایی و هم در صنعت آبزی، افزایش یافته است. یکی از گیاهان پر کاربرد در طب سنتی ایران، گیاه پونه کوهی (*Mentha longifolia*) از خانواده نعناعیان (Lamiacea) است. برگ‌ها و جوانه‌های تازه-ی آن به دلیل داشتن ترکیبات بیوشیمیایی مختلفی ازجمله اسید سینامیک، اگلیکون، گلیکوزاید یا فلاونوئیدها استیله شده و استرادیول‌های گلیکوزایدی و روغن‌های ضروری نظیر - 1,8 کینول، منتول، کاروون، لیمونن، اکسید پیپریتون، بتا کاریوفیلن، اپوکسید ترانس پیپتریتون و پولگون دارای خاصیت آنتی اکسیدان، تقویت‌کننده سیستم ایمنی، ضدقارچ، ضدالتهاب و ضدمیکروب است (۱۷، ۲٤). با توجه به کاهش میزان صید آبزیان در سال‌های اخیر، آبزی-پروری در کشور بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است و رشد فزاینده‌ای بخصوص در دهه اخیر داشته است. ماهیان پرورشی تولیدی از لحاظ کیفیت گوشت (بافت، رنگ، ترکیب شیمیایی و...) در کشور بخصوص ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در حد مطلوبی قرار ندارند و به مراتب دیده می‌شود در مراحل فرآوری و یا پخت و پز به دلیل عدم وجود استحکام کافی بافت، گوشت ماهی شل و وارفته می‌شود، رنگ صورتی متمایل به قرمز به عنوان یکی از معیارهای کیفی گوشت این ماهی، در ماهیان تولیدی در کشور دیده نمی‌شود به علاوه به دلیل نامناسب بودن شرایط پرورشی و تغذیه‌ای در بیشتر مزارع، ترکیبات شیمیایی بافت در حد مطلوب قرار ندارند و دیده می‌شود که پوست ماهی به سختی از لاشه جدا می‌شود. تغذیه مناسب نه تنها کیفیت گوشت ماهی را از لحاظ ویژگی-های حسی، ترکیبات شیمیایی و ... در سطح مطلوب قرار می‌دهد و در مراحل فرآوری آن، خصوصیات مطلوب در فرآورده ایجاد می‌کند بلکه از لحاظ انتظارات مصرف کننده و تأمین مواد مغذی مورد نیاز آنها نیز در سطح مطلوبی قرار می‌گیرد. با توجه به ترکیبات ضداکسیداسیونی و ضدمیکروبی پونه‌کوهی، انتظار می‌رود بتوان از عصاره این‌گیاه جهت افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل آلا استفاده نمود. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی در افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای‌رنگین‌کمان، تحت شرایط یخچال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌ها: در تحقیق حاضر بچه ماهی قزل‌آلای‌رنگین-کمان (*Onchorhynchus mykiss*) با میانگین وزن اولیه ۰/٤۳ ± ۵۰/٤۸ گرم از مزرعه پرورش ماهی در ساری تهیه و به مدت دو هفته برای سازش با شرایط در سالن آکواریوم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع-طبیعی‌ساری نگهداری شدند. این آزمایش با ۳ تیمار

غذایی حاوی عصاره هیدروالکلی‌گیاه پونه‌کوهی شامل ۲،۱ و۳ گرم عصاره هیدروالکلی بر کیلوگرم جیره و تیمار شاهد بدون افزودنی در ۳ تکرار (هر تکرار ۲۰ قطعه بچه ماهی) در۱۲ وان ۳۰۰ لیتری به مدت ٤ ماه نگهداری‌شدند. آب مورد استفاده برای پرورش بچه ماهیان از آب چاه تامین گردید. همه‌ی وان‌ها با سیستم هوادهی مرکزی اکسیژن رسانی شدند، (جدول ۱).

تهیه عصاره هیدروالکلی گیاه: ابتدا گیاه پونه‌کوهی (ساقه، برگ و گل) به صورت تازه از مناطق کوهستانی شهرستان سمنان جمع‌آوری و در سایه خشک و پودر شد. ۱۰۰ گرم از پودر به دست آمده درون ارلن یک لیتری ریخته و به آن الکل اتیلیک ۷۰ درصد (نسبت ۱ به ۱۰) اضافه شد، به گونه‌ای که سطح پودر را پوشاند و بعد از ٢٤ ساعت محلول صاف گردید. در مرحله بعد به تفاله باقی‌مانده، الکل ۷۰ درصد اضافه و بعد از ٢٤ ساعت صاف شد. محلول-های صاف شد، محلول بدست آمده از آخرین مرحله در انکباتور و دمای زیر ۵۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط استریل خشک گردید. بدین ترتیب بعد از چند روز پودر خشک عصاره هیدروالکلی آماده شد و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۱۱).

آماده‌سازی جیره غذایی: برای تهیه جیره‌ها، ابتدا غذای تجاری (شرکت بیضاء) مخصوص ماهی قزل‌آلا بر روی سینی گسترانیده شدند و عصارهای هیدرو-الکلی‌گیاه که متناسب با نیاز هر تیمار (۰/۱، ۰/۲و ۰/۳ درصد) تهیه و بعد از حل شدن عصارها در ٦ سی‌سی حلال (الکل اتیلیک) (درجیره غذایی گروه شاهد فقط ٦ سی سی حلال بدون هیچ عصاره) به روی غذا اسپری گردید. سپس به مدت ٢٤ ساعت خوراک در هوای آزاد قرارداده و خشک شدند. بعد از خشک شدن خوراک، اسپری ژلاتین جهت حفظ ماده اضافه شده در آب روی خوراک (همه گروه‌ها) صورت-گرفت. سپس خوراک تا زمان استفاده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری معیارهای کیفی آب: طی مراحل آزمایش برای کنترل کیفیت آب، اندازه‌گیری معیارهای کیفی صورت پذیرفت، که در جدول۱ ذکر گردید. دما و اکسیژن محلول به صورت روزانه و میزان آمونیاک، سختی، شوری، EC و pH آب هر هفته یکبار اندازه-گیری شدند.

تهیه فیله ماهی: به منظور تهیه فیله از ماهیان و مقایسه بین تیمارها در انتهای دوره آزمایش، ماهیان از وان-های مربوطه صید و بلافاصله همراه یخ به محل آزمایشگاه فراوری شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شدند. پس از وزن کردن ماهی شکم آنها خالی گردید و با پوست کردن ماهی فیله آنها به صورت ماهی درسته آماده شدند.

رنگ‌سنجی: به منظور ارزیابی رنگ در تیمارهای مختلف، با استفاده از دستگاه تصویر پرداز طراحی‌شده طبق استاندارد کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE) و با مشخصات زاویه‌ی تابش نور ٤٥ درجه و زاویه صفر دوربین نسبت به نمونه عکس‌برداری صورت-گرفت. بررسی ویژگی‌های رنگی با دستگاه رنگ سنج مدل IMG-Pardazesh Cam-System XI (شرکت ابزارکاران فن پویای شمال-ایران) در صفر، ۷، ١٤ و ۲۱ روز پس از صید ماهیان، انجام شد که در آن شاخص‌های روشنایی (L)، قرمزی (a)، زردی (b) اندازه‌گیری گردید، بدین صورت که رنگ ۵ نقطه از سطح نمونه اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از معادله زیر میزان سفیدی (W) نمونه‌ها بدست‌آمد (٦).

سفیدی: $100- [100- [L^2 + a^2 + b^{20}]]^{1/2}$

آنالیز پروفیل بافت (TPA): در این آزمون مقادیر سختی (Hardness) (حداکثر ارتفاع نقطه اوج منحنی در اولین فشردگی و در اصطلاح کیفیت خوراکی، مقاومت ماده غذایی در اولین عمل گاز زدن ماده

غذایی)، نیروی چسبندگی (Adhesiveness)، حداکثر چسبندگی (Adhesive Force) و کشسانی (Resilience) (نرخ ارتفاع مشخص ماده غذایی در مرحله دوم فشردگی به ارتفاع ابتدایی ماده غذایی و در واقع توانایی ماده غذایی در بازیابی شکل و اندازه اولیه خود در اولین عمل گاز زدن ماده غذایی) در صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از صید ماهیان، توسط دستگاه بافت‌سنج مدل (TC3, Brookfield) با پروب استوانه-ای با قطر ۲۰ میلی‌متر در سرعت ۱ mm/s و لود سل (Load cell) ۱۰۰۰۰ g اندازه‌گیری شد که در آن نمونه به اندازه ۵۰ درصد طول اولیه فشرده گردید (۹).

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۲ مورد محاسبه قرار گرفت. با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov نرمال بودن پراکنش داده‌ها مشخص شد و سپس از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه وجود یا عدم وجود اختلاف بین تیمارها بررسی گردید و پس از مشاهده اختلاف معنی‌دار، به کمک آزمون Tukey در سطح اعتماد ۵ درصد (p ۰/۰۵ ≥) اختلاف بین تکرارها مورد بررسی قرارگرفت.

جدول۱- میانگین پارامترهای کیفیت آب ثبت شده در طول دوره آزمایش

Table 1. Average water quality parameters recorded during the test period

pH	EC (sm^{-1})	Saltiness (ppt)	Hardship ($mg\ l^{-1}$)	Ammonia ($mg\ l^{-1}$)	Dissolved oxygen ($mg\ l^{-1}$)	Temperature (°C)
7.2 ± 0.22	1202.72 ± 46.84	± 0.01 0.61	± 22.36 600.52	0.05	6.8 ± 0.21	13.58 ± 0.68

نتایج

رنگ‌سنجی: از نظر پارامتر L که معرف میزان روشنایی است، بین تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه شده با عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی اختلاف معنی-داری مشاهده شد (p ۰/۰۵ >). در روز صفر، بیشترین میزان روشنایی در تیمار۲ و تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۰/۳ و ۰/۱ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p ۰/۰۵ >). در روزهای ۷ و ۱۴ بیشترین میزان روشنایی در تیمار۱ و شاهد و کمترین آن در تیمار ۰/۳ و ۰/۲ درصد پونه کوهی مشاهده شد (۰/۰۵ > p). در روز ۲۱ بیشترین میزان روشنایی در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار ۰/۳ و ۰/۲ درصد پونه-کوهی مشاهده شد (p ۰/۰۵ >). همانطور که نتایج روشنایی نشان داد، میزان آن با گذشت زمان کاهش می‌یابد. از لحاظ پارامتر a (قرمزی) در روز صفر بیشترین میزان در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد (p ۰/۰۵ >). در روزهای ۷ و ۱۴ بیشترین میزان قرمزی، در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد (۰/۰۵ > p). در روز ۲۱ از لحاظ میزان قرمزی، در هیچکدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (۰/۰۵ < p). همانطور که نتایج قرمزی نشان داد، میزان آن با گذشت زمان کاهش می‌یابد. از لحاظ پارامتر b (زردی) بین تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه شده با عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p ۰/۰۵ >). در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۱درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (۰/۰۵ > p). در روز ۷، کمترین میزان پارامتر زردی در تیمار شاهد و بیشترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p ۰/۰۵ >). در روز-های ۱۴ و ۲۱، کمترین آن در تیمار شاهد و بیشترین

میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p <۰/۰۵). از لحاظ پارامتر سفیدی (W)، بین تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه شده با عصاره هیدروالکلی پونه‌کوهی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز صفر و ۷، بیشترین میزان سفیدی در تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۱٤، بیشترین میزان سفیدی در تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۲۱، بیشترین میزان سفیدی در تیمارهای شاهد و تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵)، (جدول ۲).

آزمون آنالیز پروفیل بافت (TPA): از نظر سختی در ناحیه سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمارهای شاهد و تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). از نظر سختی در ناحیه میانی نزدیک به سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۱ و ۲ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). از نظر سختی در ناحیه میانی نزدیک به دم، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار ۱ و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز-های ۱٤ و ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۱ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و تیمار شاهد مشاهده گردید (p <۰/۰۵) از نظر سختی در ناحیه دم، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه-کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روزهای ۱٤ و ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و تیمار شاهد مشاهده گردید (p < ۰/۰۵)، (جدول۳). از نظر نیروی چسبندگی در ناحیه سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار۱ و ۲ و بیشترین آن در تیمارهای شاهد و تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید (p < ۰/۰۵). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و گروه شاهد مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد (p < ۰/۰۵). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار-

های شاهد و تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و بیشترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ و ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر نیروی چسبندگی در ناحیه میانی نزدیک به سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه - شده با ۰/۱ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و بیشترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و تیمار شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه‌شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و بیشترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر نیروی چسبندگی در ناحیه میانی نزدیک به دم، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و بیشترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ و ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمار- تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه‌شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و شاهد مشاهده گردید ($p <۰/۰۵$). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه‌شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). از نظر نیروی چسبندگی در ناحیه دم، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار ۱ و ۲ و بیشترین آن در تیمارهای شاهد و تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین میزان آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). همانطور که نتایج نشان می‌دهد، با گذشت زمان نیروی چسبندگی در تمام تیمارهای مورد بررسی و گروه شاهد افزایش یافت. از نظر حداکثر نیروی چسبندگی در ناحیه سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار ۲ و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روزهای ۷ و ۱٤، کمترین میزان آن در تیمار ۱ و بیشترین آن در تیمارشاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، این پارامتر بین هیچکدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p < ۰/۰۵$). از نظر حداکثر نیروی چسبندگی در ناحیه میانی نزدیک به سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p <۰/۰۵$). در روز ۷ کمترین میزان آن در تیمار ۲ و بیشترین آن در تیمار- شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمارشاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، بیشترین میزان این پارامتر در تیمار شاهد مشاهده گردید، اما مقدار آن، بین هیچکدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > ۰/۰۵$). از نظر حداکثر نیروی چسبندگی در ناحیه میانی نزدیک به دم، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه-

کوهی و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۷ کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روزهای ۱٤ و ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار۱ و بیشترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر حداکثر نیروی چسبندگی در ناحیه دم، در روزهای صفر و ۷ کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی و بیشترین آن در تیمار-های تغذیه شده ۳ درصد پونه‌کوهی و شاهد مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روزهای ۱٤ و ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه-کوهی و بیشترین میزان آن، در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$)، (جدول های ٤، ٥). از نظر کشسانی در ناحیه سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمارهای ۱ و شاهد و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روزهای ۷ و ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارشاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه-کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر کشسانی در ناحیه میانی نزدیک به سر، در روز صفر، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۷، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر کشسانی در ناحیه میانی نزدیک به دم، در روز صفر و ۷، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). اما در روز ۷، بین تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی و شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه-کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). در روز ۲۱، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه-کوهی و شاهد و بیشترین آن در تیمارتغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$). از نظر کشسانی در ناحیه دم، در روز صفر و ۷، کمترین میزان آن در تیمار شاهد و بیشترین آن در تیمار تغذیه شده با ۰/۲ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز ۱٤، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده گردید ($p < ۰/۰۵$). در روز۲۱، کمترین میزان آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۱ درصد و شاهد و بیشترین آن در تیمارهای تغذیه شده با ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده شد ($p < ۰/۰۵$)، (جدول ٦).

جدول ۲- شاخص‌های رنگ و سفیدی مربوط به فیله ماهیان قزل آلای‌رنگین‌کمان تغذیه‌شده با درصدهای مختلف پونه‌کوهی

Table 2. Color and whiteness indices related to rainbow trout fillets fed with different percentages of *Mentha longifolia*

Sampling /Days	Color	L	A	B	W
Day 0	Treatment 1	50.03 ± 2.50^{a}	13.08 ± 1.10^{c}	26.06 ± 3.50^{d}	41.82 ± 1.25^{b}
	Treatment 2	51.42 ± 2.10^{b}	14.97 ± 1.14^{d}	23.43 ± 2.12^{b}	45.08 ± 2.20^{c}
	Treatment 3	50.21 ± 1.21^{a}	12.23 ± 1.18^{b}	24.34 ± 1.21^{c}	40.72 ± 1.14^{a}
	Treatment 4	51.20 ± 2.41^{b}	8.11 ± 1.7^{a}	20.32 ± 2.16^{a}	46.48 ± 2.31^{d}
Day 7	Treatment 1	51.95 ± 2.24^{b}	10.55 ± 1.13^{b}	26.62 ± 2.22^{c}	46.30 ± 1.12^{c}

	Treatment 2	49.82 ±2.14[a]	10.63 ± 1.43[b]	27.79 ±1.25[d]	44.79 ±2.27[b]
	Treatment 3	49.90 ±2.15[a]	11.12 ± 1.16[c]	25.73 ±1.23[b]	42.8 ±1.27[a]
	Treatment 4	51.31 ±3.23[b]	8.42 ± 0.43[a]	20.6 ±3.1[a]	47.84 ±2.18[d]
Day 14	Treatment 1	49.42 ±1.26[b]	8.85 ± 1.27[a]	27.85 ±2.26[c]	42.71±3.19[c]
	Treatment 2	47.93 ± 1.54[a]	8.43 ± 1.2[a]	22.44 ±1.23[b]	40.39 ± 2.18[a]
	Treatment 3	47.18 ± 2.54[a]	10.02 ± 1.19[b]	22.3 ± 2.21[b]	41.44 ± 1.34[b]
	Treatment 4	49.20 ± 1.26[b]	8.79 ± 0.16[a]	20.02 ±1.70[a]	43.51 ± 2.67[d]
Day 21	Treatment 1	48.75 ± 1.16[b]	8.52 ± 1.33[a]	28.92 ± 2.43[d]	43.62 ±3.25[c]
	Treatment 2	47.28 ± 3.18[a]	8.18 ± 1.34[a]	21.69 ± 2.25[b]	42.00 ±2.33[b]
	Treatment 3	47.15 ± 3.1[a]	8.14 ± 0.28[a]	23.21± 1.41[c]	41.68 ±2.24[a]
	Treatment 4	49.66 ± 2.16[c]	8.11 ± 1.29[a]	20.32 ± 2.22[a]	43.62 ±1.28[c]

Different superscript letters in each column indicate the existence of a significant difference between the averages in different treatments ($p < 0.05$).

جدول ۳- شاخص سختی در نواحی مختلف فیله ماهیان قزل آلای‌رنگین‌کمان تغذیه‌شده با درصدهای مختلف پونه‌کوهی

Table 3. Hardness index in different areas of rainbow trout fillets fed with different percentages of *Mentha longifolia*

Days	Treatments	Hardness in the head	Hardness in the middle area near the head	Hardness in the middle area near the tail	Hardness in the tail area
Day 0	Treatment 1	539.66 ± 12.15[a]	718.32 ± 29.38[b]	1173.22 ± 280.28[a]	1274.33 ± 210[a]
	Treatment 2	840.36 ± 21.13[c]	894.21 ± 32.34[c]	2105 ± 310.98[d]	2486.41 ± 198.32[d]
	Treatment 3	700.66 ± 14.33[b]	710.32 ± 41.33[b]	1260 ± 180.66[b]	1963 ± 190.98[c]
	Treatment 4	837.21 ± 31.21[c]	562 ± 25.32[a]	1323 ± 208.38[c]	1848 ± 260.20[b]
Day 7	Treatment 1	404 ± 24.18[a]	624.43 ± 21.17[b]	703.32 ± 23.34[b]	714 ± 169.33[b]
	Treatment 2	610 ± 16.52[c]	621.00 ± 27.54[b]	909.42 ± 32.55[c]	843 ± 110.26[c]
	Treatment 3	656.33 ± 31.22[d]	700.00 ± 25.32[c]	955.42 ± 28.76[d]	1192.26 ± 308.29[d]
	Treatment 4	607.56 ± 21.17[c]	590 ± 32.44[a]	465.66 ± 23.34[a]	664.45 ± 67.23[a]
Day 14	Treatment 1	321 ± 32.8[a]	370 ± 32.31[a]	301.62 ± 21.76[a]	354 ± 45.32[a]
	Treatment 2	444.66 ± 12.33[c]	493 ± 23.19[b]	496 ± 32.65[b]	685.32 ± 54.67[c]
	Treatment 3	445.33 ± 19.18[c]	449 ± 21.54[b]	493.39 ± 33.54[b]	584 ± 43.34[b]
	Treatment 4	400.66 ± 21.25[b]	393 ± 28.43[a]	461.27 ± 28.45[b]	650.33 ± 34.48[c]
Day 21	Treatment 1	266 ± 13.4[b]	230 ± 17.10[a]	152.23 ± 19.32[a]	104.56 ± 29.45[a]
	Treatment 2	434.66 ± 21.15[d]	272 ± 22.18[a]	393.18 ± 31.22[b]	630 ± 23.87[c]
	Treatment 3	352 ± 16.72[c]	324 ± 24.33[b]	378 ± 19.17[b]	523 ± 19.21[b]
	Treatment 4	216 ± 21.5[a]	274 ± 19.15[ab]	395 ± 23.93[b]	604.66 ± 32.45[c]

Different superscript letters in each column indicate the existence of a significant difference between the averages in different treatments ($p < 0.05$).

جدول ٤- نیروی چسبندگی در نواحی مختلف فیله ماهیان قزل آلای‌رنگین‌کمان تغذیه‌شده با درصدهای مختلف پونه‌کوهی

Table 4. Adhesion force in different areas of rainbow trout fillets fed with different percentages of *Mentha longifolia*

days Sampling	Treatments	Adhesion force in the head area	Adhesion force in the middle area near the head	Adhesion force in the middle region near the tail	Adhesion force in the tail area
Day 0	Treatment 1	0 ± 0.00[a]	0 ± 0.00[a]	0.1 ± 0.03[b]	0.1 ± 0.02[a]
	Treatment 2	0 ± 0.00[a]	0.1 ± 0.00[b]	0 ± 0.00[a]	0.1 ± 0.01[a]
	Treatment 3	0.1 ± 0.00[b]	0 ± 0.00[a]	0.1 ± 0.01[b]	0.2 ± 0.02[b]
	Treatment 4	0.1 ± 0.02[b]	0.1 ± 0.00[b]	0.2 ± 0.01[c]	0.2 ± 0.00[b]
Day 7	Treatment 1	0.1 ± 0.00[a]	0.2 ± 0.02[b]	0.2 ± 0.00[a]	0.4 ± 0.02[b]
	Treatment 2	0.2 ± 0.00[b]	0.1 ± 0.01[a]	0.2 ± 0.01[a]	0.2 ± 0.00[a]
	Treatment 3	0.2 ± 0.00[b]	0.3 ± 0.01[c]	0.3 ± 0.01[b]	0.5 ± 0.02[c]
	Treatment 4	0.2 ± 0.00[b]	0.3 ± 0.00[c]	0.2 ± 0.01[a]	0.2 ± 0.00[a]
Day 14	Treatment 1	0.1 ± 0.00[a]	0.4 ± 0.01[c]	0.3 ± 0.33[a]	0.4 ± 0.01[a]
	Treatment 2	0.2 ± 0.00[b]	0.3 ± 0.00[b]	0.4 ± 0.00[b]	0.5 ± 0.00[b]
	Treatment 3	0.2 ± 0.01[b]	0.2 ± 0.00[a]	0.5 ± 0.01[c]	0.5 ± 0.01[b]
	Treatment 4	0.4 ± 0.00[c]	0.5 ± 0.00[d]	0.5 ± 0.02[c]	0.7 ± 0.02[c]

Day 21	Treatment 1	0.5 ± 0.00^{b}	0.5 ± 0.01^{b}	0.4 ± 0.01^{a}	0.5 ± 0.00^{a}
	Treatment 2	0.5 ± 0.01^{b}	0.4 ± 0.01^{a}	0.6 ± 0.00^{c}	0.8 ± 0.01^{b}
	Treatment 3	0.4 ± 0.00^{a}	0.5 ± 0.01^{b}	0.5 ± 0.00^{b}	0.5 ± 0.00^{a}
	Treatment 4	0.4 ± 0.00^{a}	0.6 ± 0.01^{c}	0.6 ± 0.00^{c}	1 ± 0.01^{c}

Different superscript letters in each column indicate the existence of a significant difference between the averages in different treatments ($p < 0.05$).

جدول ۵- شاخص حداکثر نیروی چسبندگی در نواحی مختلف فیله ماهیان تغذیه‌شده با درصدهای مختلف پونه‌کوهی

Table 5. Index of maximum adhesion force in different areas of fish fillets fed with different percentages of *Mentha longifolia*

days Sampling	Treatments	Maximum adhesion force in the head area	Maximum adhesion force in the middle area near the head	Maximum adhesion force in the middle region near the tail	Maximum adhesion force in the tail area
Day 0	Treatment 1	5 ± 0.0^{a}	5 ± 0.0^{a}	6 ± 0.0^{a}	8 ± 1.1^{ab}
	Treatment 2	4 ± 0.1^{a}	6 ± 0.7^{a}	5 ± 0.1^{a}	6 ± 0.1^{a}
	Treatment 3	7 ± 0.0^{a}	8 ± 0.6^{a}	8 ± 0.0^{ab}	13 ± 0.8^{b}
	Treatment 4	6 ± 0.0^{a}	5 ± 0.0^{a}	10 ± 0.0^{b}	13 ± 0.8^{b}
Day 7	Treatment 1	6 ± 0.0^{a}	9 ± 0.8^{ab}	7 ± 0.9^{a}	12 ± 1^{a}
	Treatment 2	8 ± 0.1^{b}	7 ± 0.2^{a}	8 ± 0.9^{a}	10 ± 0.9^{a}
	Treatment 3	8 ± 0.1^{b}	10 ± 0.9^{ab}	10 ± 0.9^{ab}	13 ± 1^{a}
	Treatment 4	10 ± 0.9^{c}	12 ± 0.7^{b}	12 ± 1^{b}	13 ± 1.9^{a}
Day 14	Treatment 1	9 ± 0.7^{a}	14 ± 0.9^{b}	10 ± 0.9^{a}	12 ± 0.1^{a}
	Treatment 2	10 ± 0.6^{a}	10 ± 0.2^{a}	15 ± 0.5^{b}	16 ± 1^{b}
	Treatment 3	10 ± 0.5^{a}	10 ± 0.1^{a}	15 ± 0.8^{b}	14 ± 0.8^{b}
	Treatment 4	12 ± 0.5^{a}	16 ± 0.0^{b}	16 ± 0.7^{b}	14 ± 0.9^{b}
Day 21	Treatment 1	15 ± 0.8^{a}	16 ± 0.8^{a}	12 ± 0.8^{a}	12 ± 0.9^{a}
	Treatment 2	16 ± 0.4^{a}	15 ± 0.2^{a}	16 ± 0.6^{b}	19 ± 1^{b}
	Treatment 3	16 ± 0.7^{a}	17 ± 0.8^{a}	16 ± 0.5^{b}	18 ± 1^{b}
	Treatment 4	16 ± 0.8^{a}	18 ± 0.9^{a}	18 ± 0.7^{b}	17 ± 0.8^{b}

Different superscript letters in each column indicate the existence of a significant difference between the averages in different treatments ($p < 0.05$).

جدول ٦- شاخص کشسانی در نواحی مختلف فیله ماهیان قزل آلای‌رنگین‌کمان تغذیه‌شده با درصدهای مختلف پونه‌کوهی

Table 6. Elasticity index in different areas of rainbow trout fillets fed with different percentages of *Mentha longifolia*

days Sampling	Treatments	Elasticity in the head area	Elasticity in the middle area near the head	Elasticity in the middle area near the tail	Elasticity in the tail area
Day 0	Treatment 1	0.28 ± 0.01^{a}	0.29 ± 0.01^{b}	0.22 ± 0.99^{b}	0.21 ± 0.01^{c}
	Treatment 2	0.37 ± 0.02^{b}	0.36 ± 0.00^{d}	0.29 ± 0.04^{c}	0.27 ± 0.03^{d}
	Treatment 3	0.36 ± 0.01^{b}	0.33 ± 0.01^{c}	0.23 ± 0.05^{b}	0.18 ± 0.05^{b}
	Treatment 4	0.27 ± 0.03^{a}	0.26 ± 0.02^{a}	0.15 ± 0.04^{a}	0.16 ± 0.04^{a}
Day 7	Treatment 1	0.27 ± 0.01^{b}	0.22 ± 0.03^{a}	0.18 ± 0.05^{b}	0.17 ± 0.03^{b}
	Treatment 2	0.31 ± 0.02^{d}	0.31 ± 0.03^{c}	0.23 ± 0.09^{c}	0.24 ± 0.04^{c}
	Treatment 3	0.29 ± 0.05^{c}	0.25 ± 0.05^{b}	0.22 ± 0.05^{c}	0.17 ± 0.04^{b}
	Treatment 4	0.23 ± 0.03^{a}	0.22 ± 0.05^{a}	0.13 ± 0.06^{a}	0.12 ± 0.02^{a}
Day 14	Treatment 1	0.22 ± 0.01^{b}	0.18 ± 0.01^{ab}	0.13 ± 0.04^{a}	0.14 ± 0.03^{b}
	Treatment 2	0.26 ± 0.03^{c}	0.21 ± 0.03^{c}	0.19 ± 0.04^{b}	0.16 ± 0.05^{c}
	Treatment 3	0.22 ± 0.05^{b}	0.19 ± 0.03^{b}	0.20 ± 0.01^{b}	0.16 ± 0.04^{c}
	Treatment 4	0.17 ± 0.04^{a}	0.17 ± 0.02^{a}	0.13 ± 0.07^{a}	0.10 ± 0.05^{a}
Day 21	Treatment 1	0.22 ± 0.04^{b}	0.16 ± 0.03^{a}	0.13 ± 0.03^{a}	0.10 ± 0.01^{a}
	Treatment 2	0.23 ± 0.05^{b}	0.21 ± 0.04^{c}	0.16 ± 0.02^{b}	0.16 ± 0.02^{b}
	Treatment 3	0.22 ± 0.05^{b}	0.18 ± 0.05^{b}	0.20 ± 0.06^{c}	0.16 ± 0.03^{b}
	Treatment 4	0.17 ± 0.05^{a}	0.15 ± 0.04^{a}	0.12 ± 0.06^{a}	0.10 ± 0.04^{a}

Different superscript letters in each column indicate the existence of a significant difference between the averages in different treatments ($p < 0.05$).

بحث

نتایج ارزیابی تغییرات رنگ ماهیان تغذیه شده با پونه-کوهی و گروه شاهد در جدول ۲ آمده است. همانطور که نتایج نشان داد مقادیرعصاره هیدروالکلی پونه-کوهی ۰/۲ و ۰/۳ درصد در جیره غذایی بطور معنی دار سبب کاهش میزان روشنایی و سفیدی نمونه‌ها در مقایسه با گروه شاهد گردیده است. کاهش سفیدی و کاهش روشنایی در رابطه مستقیم با هم قرار دارند. مقادیر قرمزی نمونه‌ها با افزایش سطح مصرف پونه-کوهی در جیره نسبت به گروه شاهد بطور معنی‌دار افزایش یافت. همچنین مقادیر زردی در فیله ماهیان تغذیه شده با پونه‌کوهی افزایش معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. دلیل این نتایج را می‌توان به حضور رنگدانه‌های کارتنوئید، آنتوسیانین، فلاونوئید موجود در پونه‌کوهی اشاره نمود (۱۸)، که با مصرف پونه‌کوهی، زردی و قرمزی فیله‌ها افزایش، روشنایی و سفیدی آنها کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان از روز صفر تا روز ۲۱، زردی و قرمزی فیله ماهیانی که در جیره غذایشان ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی به کار رفته بود کاهش یافت. احتمالا این کاهش زردی و قرمزی فیله‌ها به خاطر اکسیداسیون آنتی‌اکسیدان‌هایی است که به عنوان رنگدانه‌های طبیعی پونه‌کوهی به حساب می‌آیند باشد، تحقیقات Choubert و Baccaunaud (۲۰۰٦) نیز صحت این امر را اثبات نمودند، که با در معرض قرار گرفتن کارتنوئید در برابر اکسیژن رنگ آن کاهش می-یابد (۸). اما میزان زردی فیله ماهیانی که از ۰/۱ درصد پونه‌کوهی تغذیه شدند، با گذشت زمان افزایش یافت. Hamre و همکاران (۲۰۰۳) و Özoğul و همکاران (۲۰۰٦) گزارش نمودند که، اکسیداسیون لیپید باعث ایجاد فلورسانس رنگ زرد فیله می‌گردد، در مطالعه حاضر افزایش شاخص زردی فیله ماهیان تغذیه شده با ۰/۱ درصد پونه‌کوهی، می‌تواند احتمالاً به خاطر اکسیداسیون چربی فیله باشد (۱٤، ۲۰). همچنین دژنره شدن پروتئین، بافت فیله را تیره می-نماید (۱۰)، در مطالعه‌ی حاضر، نتایج نشان داد که با گذشت زمان کاهش در روشنایی فیله به خصوص در گروه شاهد مشاهده شد، اما این کاهش روشنایی و افزایش تیرگی فیله، در فیله ماهیان تغذیه شده با ۰/۳ درصد پونه‌کوهی مشاهده نگردید که پژوهشگران علت این امر را پتانسیل ضد اکسیداسیونی گیاهان می‌دانند (۲۵). مطالعه‌ی Alakhrash و همکاران (۲۰۱٦) به ارزیابی اثرات مخلوطی درصدهای مختلف (۰ تا ۸ گرم سبوس در ۱۰۰ گرم سوریمی) سبوس جو و گندم به سوریمی ماهی آلاسکا پولاک و نیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سوریمی پرداختند (۱). در نهایت نتایج نشان داد که، با افزودن ٦ گرم سبوس به ۱۰۰ گرم سوریمی زردی افزایش و روشنایی و سفیدی فیله کاهش معنی‌داری یافت، افزایش زردی و کاهش روشنایی و سفیدی به کارتنوئید موجود در فیبر نسبت داده شد، که با نتایج مطالعه‌ی حاضر مشابهت دارد. در پژوهشی که توسط Yerlikaya و Gökoğlu(۲۰۱۰) انجام گرفت نشان داد که استفاده از عصاره‌های دانه‌های انگور و انار روی فیله ماهی ساردا ساردا (*Sarda sarda*)، به خاطر وجود رنگدانه-های طبیعی موجود در گیاه، زردی و قرمزی فیله در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت که مشابه نتایج مطالعه حاضر می‌باشد. سختی یکی از مهمترین ویژگی‌های بافتی به حساب می‌آید. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، با افزایش سطح پونه‌کوهی در جیره، فیله ماهی سفت‌تر می‌گردد و سختی فیله افزایش می-یابد. تحقیقات نشان داده که، با توجه به ساختار و اندازه میوفیبریل‌های گوشت ماهی، تشکیل یک شبکه‌ی سه بعدی ژل پروتئینی ضعیف تر در مقایسه با گوشت قرمز مورد انتظار می‌باشد و از اینرو سعی

می‌شود با اضافه‌کردن یک سری افزودنی‌ها ویژگی-های بافت را بهبود بخشید (۱۵). Cardoso و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به بررسی تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر ژل تهیه شده از ماهی باس دریایی پرداختند (۵). نتایج نشان داد تاثیر این آنزیم (۰/۵ درصد) باعث افزایش سختی شد، بدین صورت که در حضور آنزیم سختی افزایش یافت که این امر به دلیل شکل‌گیری باندهای دی‌سولفیدی و دیگر باندهای کووالانسی تحت تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز و در نتیجه افزایش سختی است. میزان کشسانی عبارت است از آزمایش میزان برگشت پذیری نمونه به شکل اولیه بعد از تغییر شکل با اولین فشردگی است. از نظر میزان کشسانی تمام تیمارها افزایش معنی‌داری با شاهد از خود نشان دادند که به این معناست که استفاده پونه‌کوهی تا سطح ۰/۲ درصد در جیره بلامانع است و باعث افزایش کشسانی بافت می‌گردد. پارامتر کشسانی میزان خاصیت ارتجاعی بافت را نشان می‌دهد بنابراین هر چه میزان عددی این پارامتر به عدد ۱ نزدیک باشد این فراورده از کشسانی یا کیفیت بالاتری برخوردار است و برعکس. همچنین نتایج نشان داد با گذشت زمان، از روز صفر تا ۲۱، سختی و کشسانی فیله همه‌ی تیمارها کاهش یافتند که نشان دهنده‌ی نرم‌تر شدن فیله می‌باشد. نگهداری فیله‌ها در یخچال تغییراتی در ثبات و استحکام بافت ایجاد می‌نماید و پروتئین‌های میوفیبریلی بافت قزل‌آلا دژنره می‌گردند، در نتیجه بافت فیله‌ها نرم‌تر می‌گردند. کاهش معنی‌دار سختی در بافت ماهیان نگهداری شده در یخچال توسط محققان مختلفی گزارش شده است (۱۳، ۱۶). همچنین ماهیانی که از پونه‌کوهی تغذیه نمودند بافت‌آنها سختر و سفتر بود که علت این امر را می‌توان به حضور آنتی اکسیدان‌های گیاهان نسبت داد که مانع از دژنره‌شدن پروتئین فیله می‌گردند (۳). در مشابهت با نتایج حاضر Berizi و همکاران اثر کیتوزان + عصاره دانه انار را بر سختی فیله ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ٦ ماه نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار دادند (۲). نتایج بدست آمده نشان داد، عصاره دانه‌ی انار به دلیل وجود ترکیبات فنولیک در نتیجه فعالیت آنتی‌اکسیداسیونی از اکسیداسیون پروتئین فیله جلوگیری می‌نماید در نهایت فیله‌های آغشته به ٤درصد عصاره‌ی دانه انار در مقایسه با گروه شاهد سختی بیشتری نشان دادند. مطالعه Cofrades و همکاران (۲۰۰۸) درباره‌ی مخلوط کردن درصدهای مختلف جلبک دریایی به گوشت قرمز نشان داد که افزودن این ترکیب سبب افزایش سختی و کاهش کشسانی در ژل گوشت می‌شود (۷). در مطالعه‌ی Sanchez-Alonso و همکاران (۲۰۰٦) با اضافه نمودن فیبر گندم به ژل سوریمی ماهی، کاهش در قدرت و کشسانی ژل به کاهش در خاصیت سختی، به هم پیوستگی و ارتجاعی منجر شده است (۲۳). نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که اضافه نمودن پونه‌کوهی در مقایسه با گروه شاهد نیروی چسبندگی و حداکثر نیروی چسبندگی در مقایسه با گروه شاهد کاهش می‌دهد. بعلاوه با گذشت زمان و نگهداری فیله‌ها در یخچال، چسبندگی آنها در تمامی تیمارها افزایش یافتند. همچنین نتایج نشان داد، ماهیانی که ازجیره غذایی حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد پونه‌کوهی استفاده نمودند، فیله آنها سختی و کشسانی بیشتر و چسبندگی کمتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند. در مشابهت با نتایج مطالعه‌ی حاضر Cadun و همکاران (۲۰۱۵) با افزودن فیبر گندم به کلوچه ماهی نگهداری‌شده در یخچال به بررسی ویژگی فیزیکی بافت آن پرداختند و نتایج نشان داد که فیبر گندم، سبب افزایش سختی و خاصیت ارتجاعی و کاهش به هم پیوستگی و چسبندگی گردید (٤). در مطالعه‌ی Alakhrash و همکاران (۲۰۱٦) افزایش سختی، خاصیت ارتجاعی، به هم پیوستگی، خاصیت چسبندگی و حالت

چسبندگی با افزودن فیبر جو دوسر به سوریمی ماهی آلاسکا پولاک مشاهده گردید (۱). تفاوت بدست آمده در مطالعات مختلف از نظر سختی خاصیت کشسانی و چسبندگی به خاطر نوع افزودنی، اندازه طول زنجیره فیبر، گونه آبزی و ... می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پونه‌کوهی، با وجود آنتی‌اکسیدان هایش می‌توانند به عنوان افزودنی مناسب به جیره غذایی قزل‌آلای‌رنگین‌کمان از اکسیداسیون پروتئین فیله در حین نگهداری در یخچال جلوگیری نماید و منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی بافت و خواص حسی فیله‌ها گردد و همچنین این مطالعه، اولین تحقیق در زمینه افزودن مواد ضد اکسیداسیونی در جیره به حساب می‌آید که منجر به بهبود کیفیت فیله در یخچال گردیده است. مطالعه‌ی حاضر می-تواند سرلوحه‌ی مناسبی در خصوص تحقیقات آینده در زمینه‌ی یافتن سایر افزودنی‌های غذایی در جهت بهبود کیفیت فیله نگهداری شده در یخچال به شمار رود.

منابع

1. Alakhrash F., Anyanwu U., Tahergorabi R. 2016. Physicochemical properties of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) surimi gels with oat bran. *LWT- Food Science and Technology*, 66(3):41-47.

2. Berizi E., Shekarforoush S.SH., Hosseinzadeh S. 2016. Effects of methanolic pomegranate peel extract on the chemical, sensory, textural, and microbiological properties of gutted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during frozen storage. *Food Protection*, 79(10):1700-1706.

3. Berizi E., Hosseinzadeh S., Shekarforoush S.SH., Barbieri G. 2018. Microbial, chemical, textural and sensory properties of coated rainbow trout by chitosan combined with pomegranate peel extract during frozen storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106: 1004-1013.

4. Cadun A., Çaklı Ş., Kışla D., Dinçer T., Erdem Ö.A. 2015. Effect of Fibers on the Quality of Fish Patties Stored at (0-4ºC). *Food and Health Science*, 1(4):211-219.

5. Cardoso C., Mendes R., Vaz-Pires P., L. Nunes M. 2011. Production of high quality gels from sea bass: Effect of MTGase and dietary fibre *LWT. Food Science and Technology*, 44:1282-1290.

6. Chanarat S., Benjakul S., H-Kittikun A. 2011. Comparative study on protein cross-linking and gel enhancing effect of microbial transglutaminase on surimi from different fish. *Science of Food and Agriculture*, 92:844-852.

7. Cofrades A., Lo´pez-Lo´pez I., Solas M.T., Bravo L., Jime´nez-Colmenero F. 2008. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. *Meat Science*, 79:767-776.

8. Choubert G., Baccaunaud M. 2006. Colour changes of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere. *LWT-Food Science and Technology*, 39:1203-1213.

9. Duangmal K., Taluengpohl A. 2010. Effect of protein additives, sodium ascorbate, and microbial transglutaminase on the texture and colour of red tilapia surimi gel. *LWT- Food Science and Technology*, 45:48-55.

10. Einen O., Guerin T., Fjæra S.O., Skjervold P.O. 2002. Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 212:129-140.

11. Erdemoglu N., Kupeli E., Yesilada E. 2003. Anti–inflammatory and antinociceptive assessment of plants used as

different habitats. *Ecophytochemistry Quarterly Journal of Medicinal Plants*, 5(1):52-64. [In Persian]

19. Ortiz J., Larraín M.A., Pacheco N., Vivanco J.P., Aubourg S.P. 2013. Effect of the antioxidant profile in the diet of farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on the nutritional value retention during frozen storage. *Grasas Aceites*, 64(3):311-319.

20. Özoğul Y., Özoğul F., Özkütük S. 2006. Hydrolysis and oxidation of European eel oil during frozen storage for 48 weeks. *European Food Research and Technology*, 224:33-37.

21. Sakanaka S., Tachibana Y., Okada, Y. 2005. Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (*Kakinoha-cha*). *Food Chemistry*, 89(4): 569-75.

22. Sallam KhI., Ahmed AM., Elgazzar MM., Eldaly EA. 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4°C. *Food Chemistry*, 102:1061-1070.

23. Sanchez-Alonso I., Haji-Maleki R., Javier Borderı´as A. 2006. Effect of wheat fibre in frozen stored fish muscular gels. *European Food Research and Technology*, 223:571-576.

24. Unnithan C.R., Gebreselassie H., Sushen U., Reddy D.N., Woldu A., Muuz M. 2013. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Mentha longifolia* L of Mekole, Ethiopia. *Biological and Scientific Opinion*, 1(3):151-153.

25. Yerlikaya P, Gökoğlu N. 2010. Effect of Previous Plant Extract Treatment on Sensory and Physical Properties of Frozen Bonito (*Sarda sarda*) Filllets. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 10:341-349.

remedy in Turkish folk medicine. *Ethnopharmacology*. 89:123-129.

12. Fan W., Sun J., Chen Y., Qiu J., Zhang Y., Chi Y., 2009. Effect of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chem*istry, 115:66-70.

13. Gallart-Jornet L., Rustad T., Barat J., Fito P., Escriche I. 2007. Effect of superchilled storage on the Fresh ness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Chemistry*, 103(4):1268-1281.

14. Hamre K., Lie Q., Sandes H. 2003. Seasonal development of nutrient composition, lipid oxidation and colour of fillets from Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). *Food Chemistry*, 82:441-446

15. Hosseini F., Milani A., Balurian S. 2012. Effects of Celloluse Microcrystaline as a Fat Replacement on Physiochemical, Texture and Sensory Properties of Low-Fat Burgers. *Food Science Resrearchs* 3:372-378. [In Persian]

16. Hultmann L., Rustad T. 2002. Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Aquatic Food Product Technology*, 11(3-4): 105-123.

17. Koliopoulos G., Pitarokili D., Kioulos E., Michaelakis A., Tzakou O. 2010. Chemical composition and larvicidal evaluation of *Mentha*, *Salvia*, and *Melissa* essential oils against the West Nile virus mosquito. *Culex pipiens*. *Parasitology Research*, 107:327-335.

18. Nowrozi V., Yousefzadeh S., Asilan K., Mansourifar S. 2016. Investigating the amount of changes in essential oil, chlorophyll, carotenoid, anthocyanin and flavonoid of medicinal plants *Mentha longifolia* (L.) Hods.subsp. longifolia in