مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۲ شماره ۴/ سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۴۹ تا ۱۶۶
DOI: 10.22034/FR.2021.44174.1786

بررسی اثر ضد اکسیداسیونی عصاره هیدروالکلی نعناع بر تغییرات شیمیایی و خصوصیات حسی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دمای یخچال

کیاندخت باطبی[۱]، زهرا لطیفی*[۲]، سمیه سپهوند[۳]، قربان زارع گشتی[۴]، مهدیس جمشیدی تهرانیان[۱]، محمود چهارلنگ[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/٤ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۸/۸

[۱] به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران
[۲] دانشجوی دکتری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، مازندران، ایران
[۳] دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، کهگیلویه و بویراحمد، ایران
[٤] مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، بندرانزلی، ایران
[۵] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز آذین شوشتر، دانشگاه جامع علمی-کاربردی، خوزستان، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: yasamin.latifi131@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: یکی از شاخص‌های فساد در فرآورده‌های دریایی، اکسیداسیون چربی‌ها است که باید جهت رفع این مشکل اقدامات اساسی صورت پذیرد. **هدف**: هدف از این پژوهش، بررسی اثر ضداکسیداسیونی عصاره نعناع به عنوان نگهدارنده‌ی طبیعی بر فیله‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره نگهداری به مدت ۹ روز در یخچال (۱±٤°C) است. **روش کار**: ابتدا عصاره‌گیری با روش ماسراسیون با استفاده از اتانول ٤۵ درصد از گیاه نعناع صورت گرفت، سپس فیله‌های ماهی به سه تیمار مختلف شامل گروه شاهد (شستشو با آب مقطر)، گروه حاوی ppm ۱۰۰۰ عصاره نعناع و گروه حاوی ppm ۱۵۰۰ عصاره نعناع تقسیم شدند، و در بسته‌های معمولی سلیفونی بسته‌بندی و در دمای ۱±٤ درجه سانتیگراد نگه‌داری شدند. طی ۹ روز در تناوب‌های زمانی ۲ روزه (روزهای ۱، ۳، ۵، ۷، ۹) آزمایش‌های شیمیایی شاخص پراکسید (PV)، شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)، مجموع بازهای ازته فرار (TVB-N)، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، pH و ارزیابی حسی بر اساس مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. **نتایج**: نتایج این بررسی نشان داد که فیله ماهیان تحت تیمار با سطوح مختلف عصاره نعناع نسبت به گروه شاهد در طی نگهداری در یخچال، تغییرات شیمیایی کمتری داشتند (P>۰/۰۵) و عصاره نعناع به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) اکسیداسیون چربی را در طول دوره نگهداری در فیله‌های تیمار شده به تعویق انداخت. به‌طوری که در روز ۹، بیش‌ترین میزان شاخص‌های پراکسید (٦/٤٦ درصد بر اساس اسید اولئیک)، تیوباربیتوریک اسید (۲/۰٤ mgMDA/Kg)، مجموع بازهای ازته فرار (۲۹/۱٤ mg/100gr)، اسیدهای چرب آزاد (۱/۵۲ Oleic Acid%) در گروه شاهد و کمترین میزان شاخص‌های پراکسید (۳/۰۸۵ درصد بر اساس اسید اولئیک)، تیوباربیتوریک اسید (۱/۲٤ mgMDA/Kg)، مجموع بازهای ازته فرار (۱۲/۹۵ mg/100gr)، اسیدهای چرب آزاد (۰/۹٦ Oleic Acid%) در تیمار ppm ۱۵۰۰ نعناع مشاهده گردید. نتایج ارزیابی حسی نیز بیانگر کاهش معنی‌دار خصوصیات

حسی فیله‌ها طی دورهٔ نگه‌داری بود. بر اساس نتایج این مطالعه تیمارهای حاوی عصاره‌ی گیاهی با وجود اثربخش بودن هر دو غلظت، نشان داد که تیمار حاوی غلظت ppm ۱۵۰۰، شاخص‌های ضداکسیداسیونی و حسی اثر قوی‌تری را از خود نشان داده و روند فساد ماهی را با سرعت پایین‌تری پیش برد. **نتیجه‌گیری**: بنابراین می‌توان از عصاره نعناع به عنوان نگهدارنده طبیعی، جهت کاهش روند آنتی‌اکسیدانی در مدت ذخیره‌سازی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده کرد.

واژگان کلیدی: ضد اکسایش، عصاره گیاه نعناع، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

در سال‌های اخیر، مصرف ماهی و غذاهای دریایی افزایش یافته و تقاضا برای محصولات آبزی به سبب افزایش جمعیت، افزایش درآمد و همچنین ارجحیت ماهی و آبزیان نسبت به سایر مواد غذایی رو به افزایش می‌باشد. در مبحث ارزش غذایی، پروتئین، چربی و مواد معدنی که از اجزای ترکیب تقریبی گوشت ماهی هستند مهمترین اجزاء تغذیه‌ای آن را تشکیل می‌دهند به طوری که حدود ۱۶ درصد پروتئین مصرفی انسان را تشکیل می‌دهند (Tahergorabi, 2018). از طرفی چربی ماهیان به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از اسیدهای چرب با چند پیوند دوگانه در مقابل فسادهای ناشی از اکسیداسیون بسیار حساس بوده و سریع‌تر از سایر غذاهای گوشتی فاسد می‌شوند (Rathod et al., 2021). رادیکال‌های آزاد مهم‌ترین عوامل اکسید کننده موادغذایی (که با یک روند تخریبی باعث از بین رفتن ارزش غذایی و تغییر در ترکیبات شیمیایی آن‌ها می‌گردد) می‌باشند. به طوری که علاوه بر اثرات نامطلوب حسّی در محصولات غذایی با از بین بردن ویتامین‌ها و اسیدهای چرب ضروری بدن و ایجاد ترکیبات سمی می‌توانند منجر به اثرات نامطلوب از قبیل بیماری‌های قلبی و مغزی، سرطان، نقص ایمنی و پیری در بدن انسان می‌شود (Henry & Heppell, 2002). اضافه کردن آنتی‌اکسیدان به موادغذایی یکی از مؤثرترین شیوه‌های کاهش سرعت اکسایش چربی‌هاست. تأثیر یکسان آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی بر بازدارندگی اکسیداسیون بافت، باعث شده است که امروزه استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی استفاده شود (Shahidi & Ambigaipalan, 2017). گیاهان دارویی و معطّر بعنوان منبع اولیه حفظ سلامتی تلقی شده و بیش از ۸۰ درصد مردم جهان آنها را تهیه و مصرف می‌نمایند (Aelenei et al., 2016). مطالعات بسیاری نشان داده است حضور ترکیبات زیست فعال با خاصیت آنتی‌اکسیدانی به ویژه ترکیبات پلی‌فنولی و ویتامین‌ها در مواد غذایی با منشاء گیاهی، عامل مؤثر در حفظ سلامت انسان می‌باشد (Fraga et al., 2010). در همین زمینه تلاش‌های زیادی برای یافتن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از منابع گیاهی صورت گرفته است. امروزه در صنعت از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند BHA، BHT یا TBHQ برای به تأخیر انداختن اکسیداسیون چربی‌ها استفاده می شود، اما به دلیل اثرات بد تغذیه‌ای و سرطان‌زا بودن این ترکیبات استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مورد توجه محققین قرار گرفته است. یکی از این راهکارها استفاده از عصاره گیاهان دارویی در محصولات شیلاتی بخصوص گوشت ماهی می‌باشد که با توجه به اینکه منابع ارزشمندی از نگهدارنده‌های طبیعی هستند، می‌توان با استفاده از آنها در ترکیب با گوشت بدون استخوان ماهی، ضمن افزایش عمر ماندگاری آن، در بهینه‌سازی خواص حسی از طریق کاهش اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروب‌ها نیز اقدام نمایند. با توجه به پر هزینه بودن نگهدارنده‌های شیمیایی علاوه بر خطرات سلامت آن و شرایط مطلوب آب و هوای ایران جهت کشت گیاهان دارویی و در دسترس بودن آن و تهیه عصاره آن به روش‌های ساده و کم هزینه بودن مواد اولیه و عصاره

استخراج شده می‌تواند از لحاظ اقتصادی نیز دارای اولویت باشد (Khodabandeh, 2013). نعناع با نام علمی *Mentha Spicata* گیاهی محکم و پایا است که ارتفاعش گاه به یک متر می‌رسد، در طب سنتی مصارف متنوعی داشته و به عنوان مقوی معده، ضد درد، ضد تشنج، آرام کننده اعصاب از آن استفاده می‌شد (Naidu et al., 2012). از جمله ترکیبات شیمیایی موجود در عرق نعناع، لینالول ۱-۸ سینئول، لیمونن، کاروون، منتون، منتول و ایزو منتون می‌باشد (Ertaş et al., 2015). نتایج بررسی فعالیت ضد رادیکالی عصاره متانولی چند سبزی خوراکی (تره، گشنیز، ریحان، شاهی، نعنا و شاهی) حاکی از آن بود که عصاره نعنا نسبت به عصاره سایر سبزی‌های مورد برّرسی بالاترین فعالیت ضد اکسیدانی و ضدرادیکالی را دارا بود و فعّالیّتی نزدیک به بوتیل هیدروکسی تولوئن نشان داد (Goli & Mehraban, 2008).

غلامزاده و همکاران (۲۰۱٤)، در مطالعه اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های سیاه دانه، زیره سیاه و تلفیق آن‌ها بر تغییرات شیمیایی و خصوصیات حسی ماهی کپور نقره‌ای گزارش کردند که فیله‌های تیمار شده با عصاره‌ها با کاهش روند شاخص‌های شیمیایی اکسیداسیون لیپید را به تعویق انداختند و باعث افزایش مدت ماندگاری فیله‌های ماهی نسبت به نمونه شاهد شدند و بهترین کیفیت را در طول دوره نگه‌داری از خود نشان دادند (Gholamzadeh, 2014).

با توجه به احتمال تأثیر عصاره نعناع بر ماندگاری و کیفیت فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای یخچال (۱±٤°C) به دلیل خواص ضدمیکروبی و ضداکسیداسیونی این عصاره و عدم وجود مطالعات کافی مشابه در ارتباط با اثر استفاده از عصاره نعناع بر کیفیت فیله در زمان نگهداری در دمای یخچال، این تحقیق مد نظر قرار گرفت. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر ضد اکسیداسیونی عصاره نعناع به عنوان نگهدارنده طبیعی بر روند تغییرات شیمیایی (TBA, PV, TVB-N, FFA, PH) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگه‌داری شده در دمای یخچال (۱±٤) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۷ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۱۰۰۰±۱۲۳ گرم و طول متوسط ٤۸±٥ سانتیمتر به صورت زنده در فصل بهار از یکی از استخرهای پرورش ماهی در استان گیلان (حومه شهر انزلی) انتخاب و در مخازن عایق حاوی پودر یخ به آزمایشگاه مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان (بندر انزلی، گیلان) منتقل شدند و بلافاصله اقدامات فیله کردن ماهی به روش دستی انجام شد. عمل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل شستشو با آب، فلس‌کنی، تخلیه شکمی، قطع سر و دم و باله‌ها، فیله کردن و آبکشی نهایی روی فیله‌ها انجام شد و هر فیله به ٤ قسمت جهت انجام آزمایشات تفکیک شدند.

آماده‌سازی نمونه گیاهی

سبزی نعناع (بخش هوائی) بلافاصله پس از جمع‌آوری و جداسازی ناخالصی‌ها، در آون با دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و توسط آسیاب به ذرات بسیار ریز تبدیل و از الک با مش ٤۰ گذرانده و تا زمان آزمایش در کیسه‌های زیپ‌دار و رطوبت با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Rafiei et al., 2011).

تهیه عصاره

جهت تهیه عصاره، میزان ٥۰۰ سی‌سی اتانول ٤٥ درصد با ۱۰ گرم از پودر خشک گیاه مخلوط و به مدت ٤۸ ساعت در انکوباتور شیکردار (ساخت ایران، شرکت ژال تجهیز) با دمای ۳٥ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از طی مدت زمان ۲٤ ساعت، عصاره با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند. عصاره‌ی اتانولی توسط تبخیرکننده چرخشی تحت خلأ (ساخت آلمان، IKA,Basic) در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و سپس جهت حذف کامل حلال با خشک‌کن انجمادی (ساخت کره جنوبی، Operun, FDB550) خشک و به پودر تبدیل شد. با محاسبه وزن اولیه بالن و وزن نهایی

آن که حاوی ماده خشک بر جای مانده است، مقدار کل ماده خشک استخراج شد (بازده استخراج) در مرحله استخراج محاسبه شد و به صورت درصد (گرم به صد گرم نمونه خشک) بیان گردید. پودر حاصل جهت انجام آزمایشات بعدی در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد (ساخت امریکا، Whirlpool WVG301) نگهداری شد (Hammadi & Adnan, 2021).

برای تولید تیمارهای تحقیق فیله‌ها به ۳ گروه تقسیم شدند. یک گروه از فیله‌ها به عنوان نمونه شاهد (شستشو با آب مقطر)، و دو گروه دیگر به عنوان تیمارهای آزمایشی، با غلظت‌های ppm ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ عصاره نعناع به مدت ۱۰ دقیقه عمل غوطه‌وری انجام گردید (Farjami & Hosseini, 2015)؛ که غلظت‌های تعیین شده بر حسب مطالعات پیشین و پری‌استادی‌های صورت گرفته از مقالات پژوهشگران قبلی انتخاب شدند (Achar et al., 2020). سپس نمونه‌ها در بسته‌های معمولی سلیفونی بسته‌بندی و برچسب‌گذاری شدند و در دمای ۱±٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ روز نگه‌داری شدند. در روزهای ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ آزمون‌های شیمیایی با سه تکرار بر روی نمونه‌ها انجام شد.

آزمون‌های شیمیایی

اندازه‌گیری تغییرات pH به روش Rastiani و همکاران در سال ۲۰۱۹ انجام شد؛ بدین صورت که مقادیر pH پس از حل شدن ۵ گرم نمونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در ٤٥ میلی‌لیتر آب مقطر (نسبت ۱:۱۰ وزنی/حجمی)، توسط دستگاه pHمتر خوانده شد (Rastiani et al., 2019). برای اندازه‌گیری میزان پراکسید در ابتدا نمونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان چرخ شد و سپس مقادیر کافی از گوشت هموژن شده برای هر یک از آنالیزهای شیمیایی به کار رفت. در این روش به ۱۵ گرم نمونه همگن شده گوشت ماهی ٦٠ سی‌سی متانول و ٦٠ سی‌سی کلروفرم اضافه شد و بعد از ٢٤ ساعت به آن ٤٨ سی‌سی آب مقطر افزوده و بعد از ۱ ساعت، روغن مورد نیاز از مخلوط فوق جدا شد. نمونه روغن استخراج شده ماهی به دقت در ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری وزن شد و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسیداستیک کلروفرم (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول یدور پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به مجموعه افزوده شد. مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر شد و نتایج بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی ماهی گزارش شد (Maghami et al., 2019). برای اندازه‌گیری TBA مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه چرخ شده ماهی به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری انتقال داده شد و با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از این مخلوط را در لوله دردار ریخته و ۵ میلی‌لیتر به آن معرف TBA اضافه شد. لوله‌های فوق به مدت ۲ ساعت در حمام آب ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس در دمای محیط سرد شدند و مقدار جذب آن‌ها در λ= ۵۳۰nm به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل آب مقطر خوانده شد و نتایج بر حسب میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم گوشت ماهی مطابق با فرمول ذیل محاسبه شد (Mirshekari et al., 2016):

$$TBA = \frac{50(\text{جذب تیمار} - \text{جذب شاهد})}{200}$$

برای اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد به روش و Mehdizadeh همکاران (۲۰۱۹) انجام شد؛ بدین صورت که میزان ۲۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک خنثی شده به وسیله سود نرمال به نمونه روغن استخراج شده اضافه و سپس با کمک ۲ تا ۳ قطره معرف فنل فتالئین و تیتراسیون با سود نرمال، مقدار اسیدیته برحسب درصد اسید اولئیک مشخص گردید (Mehdizadeh et al., 2019).

اندازه‌گیری بازهای ازته فرار (TVB-N) با روش Maghami (۲۰۱۹) انجام شد. بالن محتوی ۱۰ گرم از گوشت چرخ شده‌ی ماهی، ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در سیستم کلدال نصب شده و در زیر لوله خروجی سیستم، ارلنی حاوی ۲۵ میلی‌لیتر

اسیدبوریک ۲ درصد و ۲-۳ قطره معرف متیل‌رد قرار گرفت. گازهای متصاعد شده که معرف بازهای ازته فرار هستند در محلول درون ارلن جمع‌آوری و با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر شد. از رابطه زیر، بازهای ازته فرار بر حسب میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰گرم نمونه ماهی محاسبه شد (Maghami et al., 2019):

TVB – N = حجم اسید سولفوریک مصرفی ×۱٤

آزمون ارزیابی حسی

ارزیابی بافت، بو، مزه، رنگ و پذیرش کلی هر تیمار روی پرسش‌نامه‌هایی که از قبل بر اساس مقیاس هدونیک ٥ نقطه‌ای (بسیار خوب (٥)، خوب (٤)، قابل قبول (٣)، ضعیف (٢)، بد (١)) تهیه شده بود منتقل کردند. تیم ارزیابی متشکل از ٦ ارزیاب آموزش دیده (چهار مرد و دو زن) برای تجزیه و تحلیل حسی انتخاب شدند. جهت پخت نمونه‌ها برای ارزیابی طعم و مزه ۱/۵ درصد نمک به ماهی‌ها اضافه و عمل بخارپز در دمای ۹۸ درجه سلسیوس به مدت ۱۰-۲۰ دقیقه انجام گرفت (Ojagh et al., 2010).

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌های حاصل با نرم‌افزار SPSS19 انجام و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. با استفاده از روش آنالیز واریانس (Anova) جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ روز به کار رفت. برای تعیین دقیق وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف زمان‌های مورد آزمایش با تیمار شاهد، از آزمون تفاوت حداقل معنی‌دار (LSD) مقایسه میانگین‌های تیمارهای چندگانه با یکدیگر از آزمون دانکن استفاده شد.

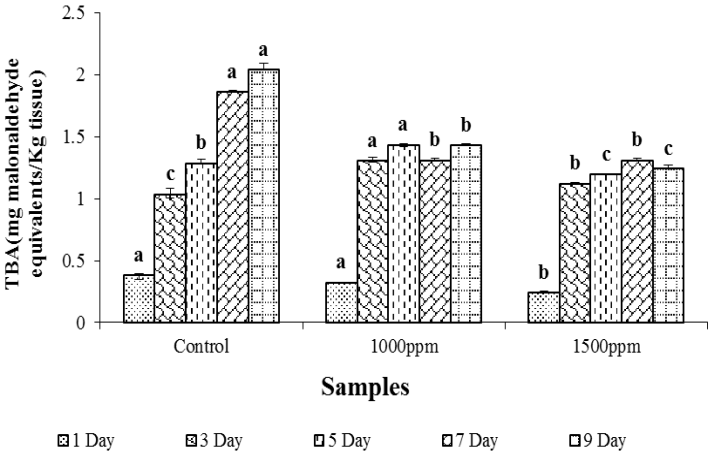
نتایج

آزمون شیمیایی اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA)

نتایج مربوط به تغییرات مقادیر TBA در غلظت‌های مختلف عصاره نعناع و نمونه‌ی شاهد بر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگه‌داری در دمای یخچال در شکل ۱ ارائه شده است. میزان TBA در نمونه شاهد بطور معنی‌داری با گذشت زمان افزایش یافت (p<۰/۰۵). بیشترین میزان تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌ی شاهد در روز نهم (۲/۰٤ mg MDA/Kg) بود که بطور معنی‌داری بیشتر از تیمار های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm عصاره نعناع بود (p<۰/۰۵). کمترین میزان TBA نیز در روز صفر در تیمار ۱۵۰۰ ppm برابر با ۰/۲٤ میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید در کیلوگرم گوشت بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰۰ ppm و نمونه شاهد نشان داد (p<۰/۰۵). میزان TBA در تیمار ۱۵۰۰ ppm در روزهای مختلف نگه‌داری با افزایش مدت زمان بطور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱۰۰۰ ppm و نمونه شاهد بود (p<۰/۰۵).

آزمون شیمیایی اندازه‌گیری میزان پراکساید (PV)

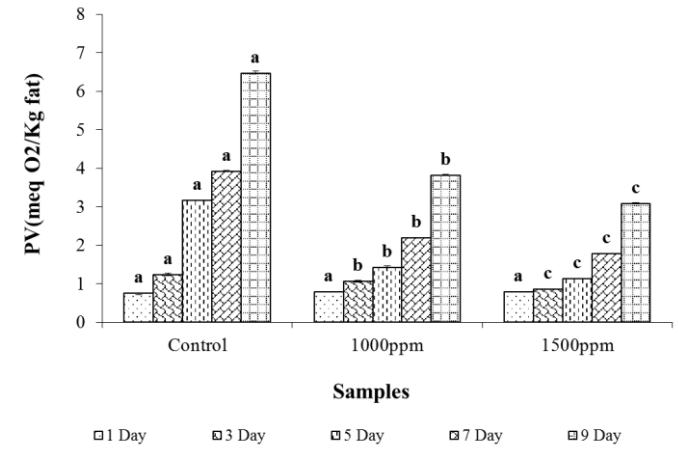
تغییرات مقادیر PV در فیله‌های ماهی تحت غلظت‌های مختلف عصاره نعناع و گروه شاهد طی نگهداری در یخچال در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان PV نمونه شاهد، و غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm عصاره نعناع به طور معنی‌داری با گذشت زمان افزایش یافت (p<۰/۰۵). در نمونه‌های تیمار شده با عصاره نعناع، بیشترین مقدار PV در تیمار ۱۰۰۰ ppm برابر ۳/۸۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی در روز ۹ نگه‌داری ثبت گردید که به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد و بیشتر از تیمار ۱۵۰۰ ppm بود (p<۰/۰۵). کمترین میزان PV نیز در روز اول نگه‌داری در نمونه شاهد برابر با ۰/۷۵ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی بود که کمتر از مقادیر مربوط به تیمار ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm نعناع بود ولی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (p<۰/۰۵). با افزایش مدت زمان نگه‌داری، میزان PV در تیمار ۱۵۰۰ ppm در روزهای مختلف بطور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱۰۰ ppm و نمونه شاهد بود (p<۰/۰۵).



شکل ۱- نمودار تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ذخیره‌سازی در دمای یخچال (۴±۱°C)

Figure 1. Chart of changes in the amount of Thiobarbituric Acid in rainbow trout fillet during storage at a refrigerated temperature (4±1°C)

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.



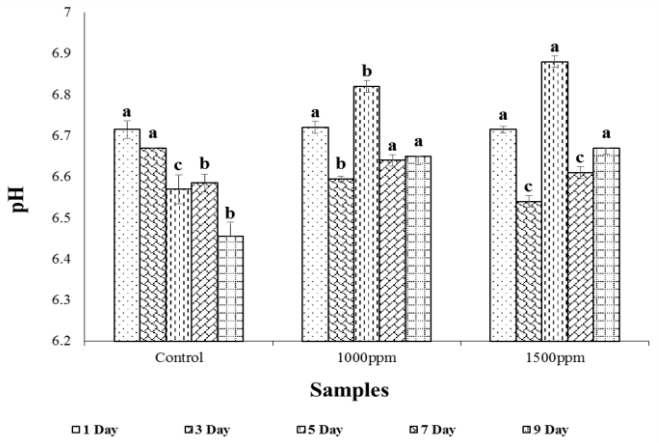
شکل ۲- تغییرات میزان پراکساید (meq O_2/kg fat) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ذخیره‌سازی یخچالی (۴±۱°C)

Figure 2- Changes in peroxide values (meq O_2/kg fat) in rainbow trout fillet during refrigerated storage (4±1°C)

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.

آزمون شیمیایی اندازه‌گیری pH

تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره نعناع بر میزان pH فیله‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگه‌داری در دمای یخچال در نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری با گذشت زمان کاهش یافت (p<۰/۰۵) (شکل ۳). در نمونه‌های تیمار شده با عصاره نعناع بیشترین مقدار pH در تیمار ۱۵۰۰ ppm برابر با ٦/٨٨ در روز ٥ نگه‌داری ثبت گردید که به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۱۰۰۰ ppm و نمونه شاهد بود (p<۰/۰۵). کمترین میزان pH نیز در روز ۹ نگهداری در نمونه شاهد برابر با ٦/٤٥ بود که کمتر از مقادیر مربوط تیمارها بود. با افزایش مدت زمان نگهداری میزان pH در روزهای مختلف بجز در روز پنجم، در تیمار ۱۵۰۰ ppm بطور معنی داری کمتر از تیمار ۱۰۰۰ ppm بود (p<۰/۰۵) ولی در مقایسه با نمونه شاهد تا روز ۹ نگهداری افزایش معنی داری را نشان داد (p<۰/۰۵).



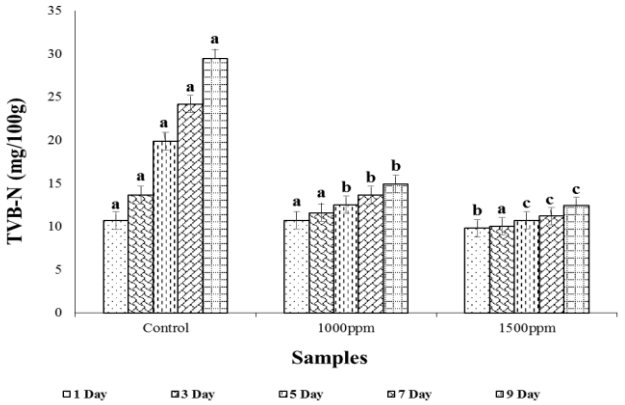
شکل ۳- تغییرات میزان pH در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ذخیره‌سازی یخچالی (۴±۱°C)

Figure 3- Chart of pH changes in rainbow trout fillets during storage at a refrigerated temperature (4±1°C)

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.

آزمون شیمیایی اندازه‌گیری میزان (TVB-N)

در روز صفر در تیمار ۱۵۰۰ ppm نعناع کمترین میزان TVB-N مشاهده شد (شکل ٤) که با دو گروه دیگر آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری بود (P>۰/۰۵). گروه شاهد و تیمار ۱۰۰۰ ppm عصاره نعناع اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (P>۰/۰۵). بیشترین میزان TVB-N در این روز در گروه شاهد مشاهده گردید. در روز ۳ اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در روز ٥ اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۵۰۰ ppm عصاره نعناع با دو گروه دیگر مشاهده شد (P>۰/۰۵)، به گونه‌ای که این تیمار کمترین میزان TVB-N را نشان داد. در دو گروه دیگر نیز میزان TVB-N اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (P>۰/۰۵). در روز ۷ و ۹ نیز کمترین و بیشترین میزان TVB-N به ترتیب در تیمار ۱۵۰۰ ppm و گروه شاهد مشاهده گردید.



شکل ۴- تغییرات میزان نیتروژن فرار (mg/100g) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ذخیره‌سازی یخچالی (۴±۱°C)

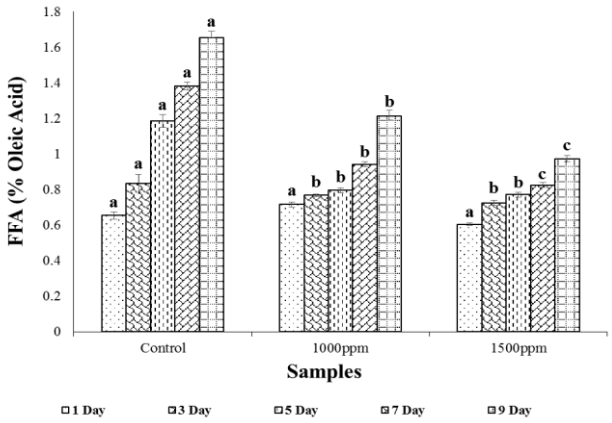
Figure 4- Changes in Volatile Nitrogen Bases in Rainbow Trout Fillet during Refrigeration Storage (4±1°C)

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.

آزمون شیمیایی اندازه‌گیری مقادیر اسیدهای چرب آزاد (FFA)

اختلاف آماری معنی‌داری (P>۰/۰۵) در نتایج حاصل از تیمارهای مختلف با نمونه شاهد در زمان‌های مختلف

نگه‌داری مشاهده می شود (نمودار ۵). در مقایسه بین دو تیمار حاوی عصاره‌ها و نمونه شاهد، نمونه شاهد از روز ۵ دوره نگه‌داری به بعد تفاوت معنی‌داری را نسبت به تیمارهای حاوی عصاره نشان داد (P<۰/۰۵) و میزان بیشتری افزایش یافت. اما دو تیمار عصاره نعناع تا زمان ۹ نگه‌داری سیر افزایشی کمتری داشتند و فقط در روز اول بین تیمارها و نمونه شاهد تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵). همچنین در روزهای سوم و پنجم بین تیمارهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ ppm تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). در پایان دوره نگه‌داری کمترین میزان اسیدهای چرب آزاد مربوط به تیمار نعناع ۱۵۰۰ ppm بود.



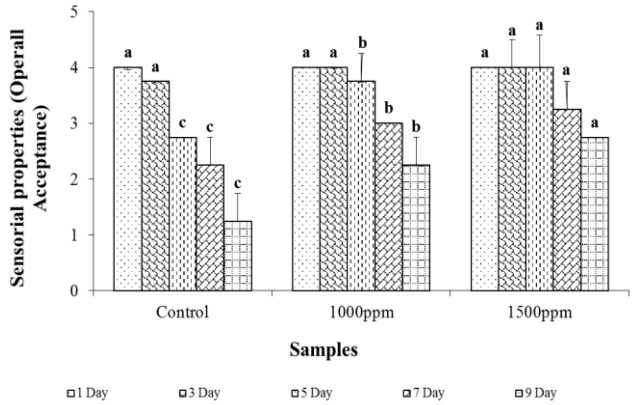
شکل ۵- تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد (Oleic Acid %) در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دوره ذخیره‌سازی یخچالی (۴±۱°C)

Figure 5- Changes in the amount of free fatty acids (FFA) in rainbow trout fillet during refrigerated storage (4±1°C)

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.

پذیرش کلی

نتایج روند تغییرات حسی تیمارهای مختلف طی ۹ روز نگه‌داری در دمای یخچال نشان داد که در هر دو تیمارها و نمونه شاهد، TQS (Total quality solution) به مرور زمان کاهش یافت ولی در نمونه شاهد از لحاظ خواص حسی نیز همانند سایر شاخص‌های مورد بررسی، در مقایسه با فیله‌های تیمار شده با عصاره نعناع، روند افت کیفی سریع‌تری داشته است. این نتایج برای نمونه شاهد در روزهای ۱،۳،۵،۷،۹ به ترتیب: ٤، ۳/۷۵، ۲/۷۵، ۲/۲۵، ۱/۲٤ بود. در روز تولید هم تیمارها هم نمونه شاهد در یک سطح امتیاز بودند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (p>۰/۰۵). در روز ۳ و ۵، دو فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm و ۱۰۰۰ ppm تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی هر دو با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). در روز هفتم، دو فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm و ۱۰۰۰ ppm تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (p<۰/۰۵) ولی فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۰۰۰ ppm امتیاز بالاتری را دریافت نمود ولی هر دوی این تیمارها با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند و نمونه شاهد کمترین امتیاز را (۲/۲۵) دریافت نمود. در این روز، کمترین امتیاز را فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm (۲/۷۵) و بیشترین امتیاز را فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۰۰۰ppm (۳) داشتند. در روز نهم، هر دو فیله تیمار شده با عصاره نعناع با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند.



شکل ۵- تغییرات در ویژگی‌های ارگانولپتیک تیمارهای مختلف و نمونه شاهد

Figure 6- Changes in organoleptic properties of different treatments and control sample

Different superscripts represent significant difference at P< 0.05.

بحث

شاخص TBA، میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد. روند افزایشی این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در ماهیچه باشد. همچنین، آلدهیدها به عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدروپراکسایدها ایجاد می‌شوند. روند افزایشی هیدروپراکسایدها می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. در بعضی از روزهای نگهداری ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسایدها و واکنش بین مالون آلدهید با پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و گلیکوژن باشد که باعث کاهش مقادیر مالون آلدهید می‌شود (de Azevedo Gomes et al., 2003). با توجه به نتایج اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید در طول ۹ روز نگه‌داری در دمای یخچال (۱±٤ درجه سانتیگراد)، مشخص گردید میزان TBA در نمونه شاهد (فاقد عصاره) و ۲ تیمار حاوی عصاره گیاهی از فاز صفر (روز تولید) تا پایان مدت نگه‌داری افزایش یافته ولی بیشترین افزایش در نمونه شاهد و کمترین افزایش در تیمار حاوی عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm بوده است. در نمونه کنترل میزان TBA از روز صفر تا روز ۹ به طور معنی‌داری افزایش یافت (p>۰/۰۵) به گونه‌ای که در روز ۹ به بالاتر از حد قابل قبولش (۲/٤mg MDA/kg) رسید. در حالی که هر دو تیمار حاوی عصاره حتی در روز ۹ در محدوده استاندارد بودند و با حفظ بهترین کیفیت باقی مانده بودند. این نتایج نشان‌دهنده کنترل محافظتی خوب این عصاره در کاهش روند فساد شیمیایی می‌باشد. میزان ۱ تا ۲ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم نمونه (mg MDA/kg)، حد قابل قبول پیشنهادی برای این شاخص بیان شده است به طوری‌که بالاتر از این مقدار بوی نامطبوع در ماهی ایجاد خواهد شد (Goulas & Kontominas, 2007). در این تحقیق در طول دوره آزمایش میزان TBA در همین محدوده استاندارد یعنی بین ۱ تا ۲ بوده و به بیش از این مقدار نرسیده است. میزان TBA در تیمارهای تحت عصاره نعناع نسبت به گروه شاهد کمتر بود. در مطالعات قبلی مشخص شده است که میزان TBA طی دوره نگهداری پس از مدتی کاهش می‌یابد، این امر به خاطر واکنش بین مالون‌دی‌آلدئید و اسیدهای آمینه ماهی و تشکیل گروه‌های کربونیل و یا واکنش با پروتئین میوزین می‌باشد (Goulas & Kontominas, 2007). بررسی تغییرات TBA در تحقیق حاضر نشان داد که کمترین مقدار TBA در ۵ بازه زمانی مورد آزمایش، در تیمار ۱۵۰۰ ppm عصاره نعناع مشاهده گردید. مقادیر کمتر تیوباربیتوریک‌اسید در تیمارهای حاوی عصاره را می‌توان به خصوصیات آنتی‌اکسیدانی عصاره نعناع نسبت داد (Tsao & Yin, 2001). در مطالعه‌ی نصیری و

همکاران (۲۰۱۷)، میزان TBA در روز صفر برابر با ۰/۲۱ mg MDA/kg بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های کنترل و تیمار شده وجود نداشت (P<۰/۰۵) (Nasiri et al., 2016). با افزایش مدت زمان نگهداری ماهی‌ها، میزان TBA آنها افزایش یافت (P<۰/۰۵) و در روز ۱۰ در نمونه‌های کنترل به ۰/۸٤ mg MDA/kg رسید. میزان افزایش TBA در نمونه‌های تیمار شده با عصاره به طور معنی‌داری کمتر بود و در روز ۱۵ برابر با ۰/٦٦ mg MDA/kg بود.

میزان پراکسید (PV) شاخص اکسیداسیون لیپیدها بوده و جهت اندازه‌گیری محصولات اولیه اکسیداسیون یعنی هیدروپراکسیدها به کار می‌رود. در مرحله اول اکسیداسیون، به واسطه اتصال اکسیژن به باند دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع، هیدروپراکسیدها تشکیل می‌شوند (Lin & Lin, 2005). از آن جا که پراکسیدها ترکیبات بدون طعم و بو هستند، نمی‌توانند به وسیله مصرف‌کنندگان تشخیص داده شوند ولی این ترکیبات سبب به وجود آمدن ترکیبات ثانویه مثل آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که سبب بد شدن بو و طعم می‌شوند (Özyurt et al., 2009). میزان PV نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با نعناع در مطالعه حاضر در طول دوره نگهداری روند افزایشی داشت ولی این میزان در همه نمونه‌ها کمتر از حد قابل قبول پیشنهادی (۱۰ تا ۲۰ میلی‌اکی‌والان گرم پراکسید در کیلوگرم چربی) بود (Huss, 1995). همچنین میزان PV نمونه شاهد به جز در روز صفر در سایر زمان‌ها اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با عصاره نعناع نشان داد(P<۰/۰۵). در دوره نگه‌داری از روز سه تا پایان دوره، نمونه‌های تیمار شده با عصاره نعناع در مقایسه با نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری(P<۰/۰۵) داشتند که می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین اثر آنتی‌میکروبی واکنش‌های آنزیمی باکتریایی مرتبط با اکسیداسیون چربی در ماهی باشد (Fan et al., 2009). نتیجه‌ی مطالعه‌ی زمانی و غفاری (۲۰۱۹)، نشان داد شاخص پراکسید در نمونه شاهد بطور معنی‌داری بالاتر از تیمار حاوی عصاره‌ی پونه است بطوریکه این شاخص از ۰/٦٤ در روز اول به ۵/٤۱ میلی‌اکی والان اکسیژن در روز ۱۲ نگهداری افزایش یافت (p<۰/۰۵) (Zamani & Ghaffari, 2019) که نتایج این محققین با نتایج پژوهش حاضر همسو است.

یکی از تغییر ات شیمیایی اولیه در گوشت ماهی تغییرات pH است، ولی pH شاخص دقیقی برای تعیین تازگی و کیفیت بالاتر آبزیان نیست و تنها به عنوان یک شاخص مکمل برای پارامترهای دیگر استفاده می‌شود (Arashisar et al., 2004). میزان pH عضله ماهی زنده نزدیک ۷ است. ماهی پس از مرگ بر اساس فصل، گونه و فاکتورهای دیگر از ۷-٦ تغییر می‌کند (Raeisi et al., 2015). در این تحقیق افزودن عصاره نعناع به فیله‌ها در طی ۹ روز نگه‌داری در دمای یخچال اثر قابل ملاحظه‌ای بر روند کاهش تغییرات pH داشت. به طور کلی با گذشت زمان به جز در روز پنجم در هر دو فیله تیمار شده با غلظت‌های مختلف عصاره نعناع و نمونه کنترل، مقدار pH کاهش یافت ولی این مقدار کاهش تا آخر دوره نگهداری در حد استاندارد بودند، فقط در نمونه کنترل در روز نهم میزان pH نزدیک به خارج شدن از مرز استاندارد بود (٦/٤). این کاهش برای فیله‌های تیمارها شده با عصاره نعناع حتی در روز ۲۸ نیز از نظر آماری قابل ملاحظه نبود. به این ترتیب به نظر می‌رسد که عصاره به کار گرفته شده در این تحقیق قادر است روند کاهش pH را در فیله‌ها کندتر نماید. کمتر بودن pH در نمونه‌های تیمار شده با عصاره را می‌توان به خاصیت آنتی باکتریایی عصاره‌ها (Fan et al., 2009) و انحلال دی‌اکسیدکربن (به دست آمده از تجزیه گلیکوژن) در فاز آبی عضلات و در نتیجه تشکیل اسید کربنیک نسبت داد (Kostaki et al., 2009). افزایش CO_2 و در نتیجه کاهش pH می‌تواند از فعالیت باکتری‌ها و در نتیجه شکستن پروتئین‌ها و تشکیل آمین‌ها جلوگیری کرده و از سویی دیگر به ممانعت از فعالیت پروتئازهای داخلی نیز کمک کند (Fan et al.,

2009). نتایج مشابهی توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است. در مطالعه فن و همکاران (۲۰۰۸) نیز pHنمونه‌های شاهد ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. کاهش pH ممکن است ناشی از عدم حلالیت CO_2 در نمونه‌های ماهی باشد (تجمع CO_2) که به موجب افزایش CO_2، pH کاهش می‌یابد (Fan et al., 2008). چنین نتیجه‌ای در مطالعات Manjuو همکاران (۲۰۰۷) مشاهده شد (Manju et al., 2007). در مطالعاتی از جمله لطیفی و همکاران (۲۰۱۸) مبنی بر اثر ضداکسیداسیونی گیاه اوجی بر فیله ماهی کپور نقره‌ای و همچنین در مطالعه انجام شده توسط زمانی (۲۰۱۹) در زمینه تأثیر عصاره نعناع بر سوریمی کیلکای معمولی نشان داده شد که در طی مدت نگهداری میزان pH در طی دوره نگهداری افزایش یافتند، نیز مشاهده شده است (Latifi et al., 2018; Zamani & Ghaffari, 2019). افزایش میزان pH در طی مدت نگهداری فیله‌های ماهی را می‌توان به تولید ترکیبات نیتروژنی مانند آمونیاک، تری‌متیل آمین و محصولات اولیه اکسیداسیون نسبت داد که باعث می‌شود pH فیله ماهی در طول ذخیره‌سازی افزایش یابد. بر این اساس، می‌توان تغییرات pH را به عنوان شاخص فساد در نظر گرفت (Thaker et al., 2017).

مجموع بازهای ازته یا نیتروژنی فرار (TVB-N) یک اصطلاح عمومی است که شامل تری‌متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، آمونیاک و دیگر ترکیبات بازی نیتروژنی می‌باشد، که اندازه‌گیری آنها نمایانگر میزان فساد در ماهی می‌باشد (Arashisar et al., 2004). با توجه به زمان ذخیره‌سازی و به دنبال آن افزایش میزان TVB-N، کیفیت محصولات ماهی به ٤ گروه با کیفیت بالا (حداکثر mg ۲۵ N/100g)، کیفیت خوب (حداکثر ۳۰ mg N/100g) ، مقبولیت محدود (تا ۳۵ mg N/100g)، و فاسد شده (بالای ۳۵ mg N/100g) طبقه‌بندی می‌شوند (Rastiani et al., 2019). بررسی میزان TVB-N در گروه‌های آزمایش در روز صفر نشان داد که تیمار تحت بالاترین سطح عصاره نعناع (۱۵۰۰ ppm) کمترین میزان (۹/۷٤ میلی‌گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم گوشت) TVB-N را نسبت به سایر گروه‌ها نشان داد، این مورد را می‌توان به خاصیت ضد میکروبی این عصاره نسبت داد. میزان اولیه TVB-N در این تحقیق با نتایج Ojagh و همکاران (۲۰۱۰) و Naseri و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت (Nasri et al., 2017; Ojagh et al., 2010). تغییرات میزان TVB-N طی نگه‌داری فیله‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان در این تحقیق روندی افزایشی داشت و این افزایش در روزهای ابتدایی روندی کند و از روز پنجم نگه‌داری به بعد به طور شدیدی بود. همانطور که بیان گردید افزایش مقادیر TVB-N در طول دوره نگه‌داری می تواند در ارتباط با افزایش واکنش‌های خودکافت و حضور باکتری‌ها در گوشت باشد که در نهایت منجر به هضم و تجزیه ترکیبات نیتروژن‌دار به ترکیباتی از جمله TMA، پپتیدها و آمینواسیدها می‌شود (Huss et al., 1997). این امر می‌تواند به خاطر عامل تولید کننده TVB-N یعنی باکتری‌ها باشد چون در روزهای اولیه جمعیت باکتری‌های مختلف در فاز پایه قرار دارند و با سرعت کمی افزایش می‌یابند (Gram & Huss, 1996). در این آزمایش در تمامی روزهای نگه‌داری میزان این شاخص در تیمار ۱۵۰۰ ppm نعناع کمتر از حد مجاز ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بود که اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد و تیمار ۱۰۰۰ ppm داشت. ایجاد TVB-N در ماده غذایی سبب ایجاد بوی نامطبوع فساد می‌گردد. بنابراین افزایش آن همراه با کاهش میزان قابلیت پذیرش آن توسط مصرف کننده می‌باشد. حداکثر مقدار قابل قبول TVB-N برای ماهی قزل آلای رنگین کمان تا حدود ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم فیله گزارش شده است (Arashisar et al., 2004; Gimenez et al., 2002). این نتایج با سایر محققین در این زمینه هم‌خوانی دارد. در پژوهش زمانی و غفاری (۲۰۱۹)، میزان TVB-N در نمونه شاهد با گذشت زمان تا روز ۱۵ نگهداری افزایش یافت بطوریکه در روز ۱۵ مقدار ۳۲/۸ میزان میلی‌گرم نیتروژن برای این شاخص ثبت گردید که افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای حاوی عصاره پونه داشت

(P<۰/۰۵). نتایج پژوهش این محققان با تحقیق حاضر همخوانی دارد (Zamani & Ghaffari, 2019).

آنزیم‌های هیدرولیزکننده چربی با تأثیر بر چربی، تغییرات عمده‌ای را پس از مرگ ماهیان رقم زده و میزان اسیدهای چرب آزاد را در آنها افزایش می‌دهند. توسعه اکسیداسیون و هیدرولیز آنزیمی اسیدهای چرب اشباع نشده علت اصلی تجزیه چربی در اسیدهای چرب است که با تشکیل اسیدهای چرب آزاد همراه می‌باشد (Ordialez et al., 2016). بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان تأثیر آنزیم‌های لیپولیتیک بر چربی ماهی و فرآورده‌های گوشتی دیگر است (Aubourg et al., 2002; Golvardzadeh et al., 2016). اگرچه گزارش‌های موجود FFA را به عنوان عامل مستقیم افت کیفیت بیان نکرده اند، اما افزایش مقادیر آن باعث افزایش اکسیداسیون چربی، پیشرفت طعم نامطلوب، ایجاد تغییرات بافتی بر اثر تغییر ساختار پروتئین‌ها و در نهایت کاهش کیفیت محصول می‌شود (Pezeshk et al., 2011). میزان FFA از مقدار ابتدایی ۰/۶۳ (برحسب درصد اسید اولئیک) به مقدار نهایی (۱/۵۲، ۱/۲۱، ۰/۹۶ درصد اسید اولئیک) به ترتیب در تیمارهای کنترل، عصاره نعناع ۱۰۰۰ ppm و عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm تغییر کرد که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در نتایج نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده نشان داد. در مطالعات مختلف افزایش شاخص اسیدهای چرب آزاد طی دوره نگه‌داری سرد گزارش گردیده است (Abedi et al., 2016; De Abreu et al., 2010; Kumar et al., 2014; Rodríguez et al., 2006). اختلاف معنی‌دار نمونه‌ی شاهد با نمونه‌های تیمار شده با عصاره را می‌توان به خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن مربوط دانست که فعایت آنزیم‌های کاتالیزکننده هیدرولیز چربی را محدود می‌کنند (Fan et al., 2008) و نشان‌دهنده‌ی فعالیت خوب آنتی‌اکسیدانی این عصاره در مقابل فساد هیدرولتیکی و جلوگیری از افزایش FFA می باشد. نتایج مشابهی در مطالعات انجام شده بر روی فیله ماهی کپور نقره‌ای تیمار شده با عصاره گیاه اوجی در دمای وفق سرد (۳- درجه سلسیوس) توسط Latifi و همکاران (۲۰۱۸)، ماهی آبی تیمار شده با اسانس آویشن و برگ بو در دمای ۲ درجه سلسیوس توسط Erkan و همکاران (۲۰۰۶) و همچنین تأثیر عصاره مریم گلی برروی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد توسط Mehdizadeh و همکاران (۲۰۱۹) مشاهده گردید (Erkan et al., 2006; Latifi et al., 2018; Mehdizadeh et al., 2019).

شاخص‌های ارگانولپتیک به عنوان سریع‌ترین و کارآترین شاخص ارزیابی کیفیت محسوب می‌گردند و می‌توان آن را به عنوان مطمئن‌ترین راه ارزیابی کیفیت بخصوص سنجش تازگی ماهی معرفی نمود (Manousaridis et al., 2005). همبستگی بین ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی با خواص حسی توسط برخی محققین گزارش شده است (Mexis et al., 2009; Rodríguez et al., 2008). افزایش هیدرولیز چربی و تجمع اسیدهای چرب آزاد در طول زمان نگه‌داری روی پروتئین‌ها تاثیر می‌گذارد و موجب تخریب بافت از طریق واکنش دادن با پروتئین‌ها می‌شود (Rodríguez et al., 2008).

علایم مشخصه ظاهری فساد، ایجاد بو و طعم نامطلوب، تولید گاز و تغییر در بافت می‌باشد. توسعه این شرایط فساد به علت ترکیبی از فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و عمدتاً میکروبیولوژیک می‌باشد. تغییر در رنگ، بو، طعم و مزه و بافت می‌تواند بدلیل رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها باشد (Özogul et al., 2008). نتایج روند تغییرات حسی تیمارهای مختلف نشان داد که در هر دو تیمار و نمونه شاهد، TQSبه مرور زمان کاهش یافت ولی در نمونه شاهد روند افت کیفی سریعتری داشته است. در کل با توجه به نتایج این بخش می‌توان گفت: فیله تیمار شده با عصاره نعناع ۱۵۰۰ ppm بالاترین مقبولیت را توسط آزمایشگرها داشت. بنابراین می‌توان از این غلظت بعنوان مؤثرترین غلظت برای بهبود کیفیت

ماهی در زمان ماندگاری استفاده کرد. بطور کلی نتایج حاکی از آن بود که غلظت‌های بکار رفته از عصاره‌ها ویژگی‌های حسی نامطلوبی را در ماهی ایجاد نکرده است و با استفاده از این غلظت‌ها، می‌توان افزایش زمان ماندگاری ماهی را در عمل کاربردی نمود. بهبود خصوصیات حسی تیمارها می‌تواند به دلیل داشتن خواص ضداکسیداسیونی عصاره نعناع باشد که از بروز اثرات نامطلوب حسی جلوگیری کرده و اثر معنی داری را در افزایش عمر ماندگاری قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد. این نتایج با نتایج سایر محققان در زمینه‌ی کاربرد انواع عصاره جهت بهبود خصوصیات حسی و حفظ خواص ارگانولپتیکی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به نمونه شاهد در طول دوره‌ی نگه‌داری مطابقت دارد (Nasri et al., 2017; Oromchi et al., 2017).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تجزیه و تحلیل شیمیایی و ارزیابی حسی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان تیمار شده با عصاره‌های طبیعی نعناع در طول دوره نگه‌داری ۹ روزه نشان داده که بطور کلی عصاره نعناع سبب کند شدن روند افزایشی شاخص‌های اندازه‌گیری شده و افزایش ماندگاری ماهی در یخچال می‌گردد. بطوریکه نمونه شاهد تقریبا در تمام شاخص‌ها از روز پنجم به بعد به مرز خروج از حد مجاز خود نزدیک می‌شد. اما در مورد تیمارهای حاوی عصاره‌ی گیاهی با وجود اثربخش بودن هر دو غلظت ولی در مورد تیمار حاوی غلظت ۱۵۰۰ ppm، شاخص‌های ضداکسیداسیونی و حسی اثر قوی‌تری را از خود نشان داده و روند فساد ماهی را با سرعت پایین‌تری پیش برد. لذا می توان از عصاره طبیعی به کار رفته در این پژوهش برای جایگزین نمودن مواد شیمیایی جهت کاهش روند تغییرات شیمیایی و افزایش عمر نگهداری و بهبود طعم ماهی استفاده کرد. بررسی اثر سایر عصاره‌های گیاهی بومی کشورمان بر روی سایر فرآورده‌های مختلف غذایی و فرمولاسیون آنها در صنعت می‌تواند در راهبرد حذف افزودنی‌های شیمیایی سنتتیک و مضر مؤثر باشد.

سپاسگزاری

از کلیه‌ی مسئولین و کارمندان محترم و دلسوز مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان بندر انزلی که در طی اجرای این پروژه، ما را راهنمایی و پشتیبانی کردند نهایت تشکر و قدردانی را می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

Abedi E, Naseri M, Ghanbarian G A and Vazirzadeh A. (2016). Coverage of Polyethylene Film with Essential Oils of Thyme (*Thymus daenensis* Celak) and Savory (*Satureja bachtiarica* Bunge) for Lipid Oxidation Control in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets during Short-Term Storage in the Refrigerator. *Journal of Food Processing and Preservation*, *40*(3), 483-491.

Achar P N, Quyen P, Adukwu E C, Sharma A, Msimanga H Z, Nagaraja H and Sreenivasa M Y. (2020). Investigation of the antifungal and anti-aflatoxigenic potential of plant-based essential oils against *aspergillus flavus* in peanuts. *Journal of Fungi*, *6*(4), 383.

Aelenei P, Miron A, Trifan A, Bujor A, Gille E and Aprotosoaie A C. (2016). Essential oils and their components as modulators of antibiotic activity against gram-negative bacteria. *Medicines*, *3*(3), 19.

Arashisar Ş, Hisar O, Kaya M and Yanik T. (2004). Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. *International journal of food microbiology*, *97*(2), 209-214.

Aubourg S P, Lehmann I and Gallardo J M. (2002). Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *82*(15), 1764-1771.

De Abreu D P, Losada P P, Maroto J and Cruz J. (2010). Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Research International, 43*(5), 1277-1282.

de Azevedo Gomes H, da Silva E N, do Nascimento M R L and Fukuma H T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food chemistry, 80*(3), 433-437.

Erkan N, Özden Ö, Alakavuk D Ü, Yildirim Ş Y and İnuğur M. (2006). Spoilage and shelf life of sardines (*Sardina pilchardus*) packed in modified atmosphere. *European Food Research and Technology, 222*(5), 667-673.

Ertaş A, Gören A C, Haşimi N, Tolan V and Kolak U. (2015). Evaluation of Antioxidant, Cholinesterase Inhibitory and Antimicrobial Properties of *Mentha longifolia* subsp. noeana and Its Secondary Metabolites. *Records of Natural Products, 9*(1).

Fan W, Chi Y and 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.

Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y and Chi Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food chemistry, 115*(1), 66-70.

Farjami B and 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.

Fraga C G, Galleano M, Verstraeten S V and Oteiza P I. (2010). Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols. *Molecular aspects of medicine, 31*(6), 435-445.

Gholamzadeh M, Hosseini SH, Skandari S, Hosseini E and Gholamzadeh M. (2014). The Antioxidant Effect of Black Cumin Extracts and Cumin Extracts on their Changes (Hypophthalmichthys molitrix) Chemical and Sensory Properties of Silver Carp Store in refrigerator. *Journal of Food Hygiene, 3(3)*.

Gimenez B, Roncales P and Beltran J A. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 82*(10), 1154-1159.

Goli M and Mehraban S. (2008). Comparison of antioxidant and antiradical properties of edible leaf vegetables methanolic extract. *J Medic plant, 29*, 64-71.

Golvardzadeh R and Yasini Ardakani S A. (2016). The Antibacterial and Antioxidant Effect of Grape Seed and Green Tea Extracts on Durability of Tilapia. *Journal of Nutrition and Food Security, 1*(1), 41-48.

Goulas A E and Kontominas M G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food chemistry, 100*(1), 287-296.

Gram L and Huss H H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology, 33*(1), 121-137.

Hammadi, A. A., & Adnan, H. (2021). Determination Antimicrobial Activity from Ethanolic Extract of *Mentha piperita* L.(peppermint). *Scientific Journal of Medical Research, 5*(17), 01-06.

Henry C and Heppell N. (2002). Nutritional losses and gains during processing: future problems and issues. *Proceedings of the Nutrition Society, 61*(1), 145-148.

Huss H H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish* (Vol. 348): FAO Rome.

Huss H H, Dalgaard P and Gram L. (1997). *Microbiology of fish and fish products.* Paper presented at the Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality. Proceedings of the International Seafood Conference on the Ocassion of the 25th anniversary of the WEFTA, held in Noordwijkerhout, The Netherlands, 13-16 November, 1995.

Khodabandeh F. (2013). The effect of rosemary and thyme antioxidants on the shelf life of silver carp. *Master's Thesis*, P. 120.

Kostaki M, Giatrakou V, Savvaidis I N and Kontominas M G. (2009). Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food microbiology, 26*(5), 475-482.

Kumar L, Harjai K and Chhibber S. (2014). Recent update on multiple pharmacological benefits of zingerone: a quick review. *Am. J. Phytomed. Clin. Ther, 2*, 693-704.

Latifi Z, Sharifi Soltani M and Sheviklo A R. (2018). Anti-oxidant effect of Mentha aquatica extract on silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during super chiling temperature (-3°C). *Journal of Food Science and Technology, 81(15)*, 457-469.

Lin C C and Lin C S. (2005). Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food control, 16*(2), 169-175.

Maghami M, Motalebi A A and 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.

Manju S, Gopal T S, Jose L, Ravishankar C and Kumar K A. (2007). Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbate dip treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pearlspot (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food chemistry, 102*(3), 699-706.

Manousaridis G, Nerantzaki A, Paleologos E, Tsiotsias A, Savvaidis I and Kontominas M. (2005). Effect of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels. *Food microbiology, 22*(1), 1-9.

Mehdizadeh,T, Tajik H, Jafarie S and Kaboudari A. (2019). Effect of Salvia officinalis L. extract on chemical, microbial, sensory and shelf life of rainbow trout fillet. *Food science and biotechnology, 28*(5), 1499-1506.

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

Mirshekari S, Safari R, Adel M, Motalebi Moghanjoghi A, Khalili E and Bonyadian M. (2016). Antimicrobial and antioxidant effects of nisin Z and sodium benzoate in vacuum packed Caspian Kutum (*Rutilus frisii*) fillet stored at 4◦ C. *Iranian journal of fisheries sciences, 15*(2), 789-801.

Naidu J R, Ismail R, Yeng C, Sasidharan S and Kumar P. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of the crude methanolic extracts of Mentha spicata. *Journal of phytology, 4*(1).

Nasiri E, Hesari J, Shekarforoush S and Kooshesh S. (2016). Effect of aqueous extract of myrtle leaves (*Myrtus communis*) on quality changes of farmed gutted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled (4±1 C) storage.

Nasri M, Naseri M and Aalipour Eskandani M. (2017). Determination the optimal concentration of Ginger (*Zingiber officinale*) bioactive compounds incorporated in slurry ice for short-term storage of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Utilization and Cultivation of Aquatics, 6*(1), 15-23.

Ojagh S M, Rezaei M, Razavi S H and 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.

Ordialez K, Braceros-Agbon M, Hontiveros G and Portuga C. (2016). Effects of onion (Allium cepa) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) extracts on lipid oxidation and acceptability of frozen deboned milkfish (Chanos chanos). *Journal of Experimental Food Chemistry, 2*(2), 1-5.

Oromchi B, Mirhaj F and Lankarani F. (2017). Effects of nettle extract and packing under vacuum on the Changes in sensory ,chemical, Microbiological Rainbow trout,Kept at refrigeration temperatures. *3rd. International Conference on Science and Engineering Istanbul-Turkey.*

Özogul F, Özogul Y and Kuley E. (2008). Nucleotide degradation and biogenic amine formation of wild white grouper (*Epinephelus aeneus*) stored in ice and at chill temperature (4 C). *Food Chemistry, 108*(3), 933-941.

Özyurt G, Kuley E, Özkütük S and Özogul F. (2009). Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food chemistry, 114*(2), 505-510.

Pezeshk S, Rezaei M and Hosseini H. (2011). Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at 4±1 C. *Journal of food science, 76*(6), M387-M391.

Raeisi S, Sharifi-Rad M, Shaban-Pour B, Ojagh S and Alishahi A. (2015). Antioxidant and antibacterial effects of *Nigella sativa* L. seed and Echinophora platyloba dc. Leaf extracts on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigeration. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences (IJBPAS), 4*(5), 3101-3114.

Rafiei Z, Jafari S, Alami M and Khomeiri M. (2011). Antioxidant properties of olive leaf extract and its application in sunflower oil. *Research Journal of Food, 21*(1), 11-23.

Rastiani F, Jebali A, Hekmatimoghaddam S, Khalili Sadrabad E, Akrami Mohajeri F and Dehghani-Tafti A. (2019). Monitoring the freshness of rainbow trout using intelligent PH-sensitive indicator during storage. *Journal of Nutrition and Food Security, 4*(4), 225-235.

Rathod N B, Ranveer R C, Benjakul S, Kim S K, Pagarkar A U, Patange S and Ozogul F. (2021). Recent developments of natural antimicrobials and antioxidants on fish and fishery food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

Rodríguez A, Carriles N, Cruz J M and Aubourg S P. (2008). Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (−1.5°C). *LWT-Food Science and Technology, 41*(9), 1726-1732.

Rodríguez Ó, Barros-Velázquez J, Piñeiro C, Gallardo J M and Aubourg S P. (2006). Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry, 95*(2), 270-278.

Shahidi F and Ambigaipalan P. (2017). Antioxidants 14 in oxidation control. *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications*, 287.

Tahergorabi R and Hosseini S V. (2018). Importance of Fish Consumption in Disease Prevention. *Journal of Birjand University of Medical Sciences, 25(1)*, 1-9.

Thaker M, Hanjabam M D, Gudipati V and Kannuchamy N. (2017). Protective Effect of Fish Gelatin-Based Natural Antimicrobial Coatings on Quality of Indian Salmon Fillets during Refrigerated Storage. *Journal of Food Process Engineering, 40*(1), e12270.

Tsao S M and Yin M C. (2001). In-vitro antimicrobial activity of four diallyl sulphides occurring naturally in garlic and Chinese leek oils. *Journal of medical microbiology, 50*(7), 646-649.

Zamani A and Ghaffari A. (2019). Assessment of chemical and bacterial quality of surimi produced from common Kilka (*Clupeonella cultriventris*) under pennyroyal (*Mentha pulegium*) extract during refrigerator storage (4±1°C).

Journal of Food Research, 2022,32(4):149-166
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
DOI: 10.22034/FR.2021.44174.1786

Antioxidant effect of hydroalcoholic extract of peppermint on chemical changes and sensory properties of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) at refrigerated temperature

K Batebi[1], Z Latifi[2*], S Sepahvand[3], Gh Zare gashti[4], M Jamshidi Tehranian[1] and M Chaharlang[5]

Received: January 23, 2021 Accepted: October 30, 2021
[1]MSc Graduated Students and PhD Student respectively, Department of Science and Food, Faculty of Food Science and Technology, Nour Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran
[2]PhD Student, Young Researchers and elite Club, Sari Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran
[3]PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Science and Technology, Yasouj Branch, Islamic Azad University, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Iran
[4]Fish processing research center, Bandar Anzali, Iran
[5]Graduated Students, Department of Science and Food, Azin Shoushtar Branch, Applied Scientific University, Khuzestan, Iran
[*]Corresponding author: yasamin.latifi131@yahoo.com

Introduction: In recent years, the consumption of fish and seafood has increased and the demand for aquatic products is increasing due to population growth, increasing income and also the preference of fish and aquatic products over other foods. On the other hand, fish fats are very sensitive to oxidative damage due to having a significant amount of fatty acids with several double bonds and spoil faster than other meat foods (Rathod et al., 2021). Free radicals are the most important oxidizing agents of foods (which with a destructive process causes the loss of nutritional value and changes in their chemical composition). In addition to the undesirable sensory effects on food products, by eliminating vitamins and essential fatty acids from the body and creating toxic compounds, they can lead to undesirable effects such as heart and brain disease, cancer, immunodeficiency and aging in the human body. (Henry & Heppell, 2002). Adding antioxidants to foods is one of the most effective ways to slow down the oxidation of fats. Today, the use of natural antioxidants is used as a substitute for synthetic antioxidants (Shahidi & Ambigaipalan, 2017). Many studies have shown the presence of bioactive compounds with antioxidant properties, especially polyphenolic compounds and vitamins in foods of plant origin, is an effective factor in maintaining human health (Fraga et al., 2010). Peppermint with the scientific name of *Mentha Spicata* is a strong and durable plant that sometimes reaches a height of one meter, has various uses in traditional medicine and is used as a stomach tonic, analgesic, anticonvulsant, and nerve relaxant (Naidu et al ., 2012). Due to the possible effect of peppermint extract on the shelf life and quality of rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) at refrigerator temperature (4±1°C) due to antimicrobial and antioxidant properties of this extract and the lack of similar studies on the effect of peppermint extract on quality Fillets were considered during storage at refrigerator temperature.

Materials and methods: For this purpose, to prepare the extract, 500 ml of 45% ethanol was mixed with 10 g of dry plant powder and placed in a shaker incubator at 35°C for 48 hours. After 24 hours,

the extracts were filtered with Whatman No. 1 filter paper. The ethanolic extract was concentrated by vacuum rotary evaporator at 40°C and then powdered with complete freeze-drying to completely remove the solvent. To produce the research treatments, the fillets were divided into 3 groups. One group of fillets as a control sample (rinsing with distilled water), and the other two groups as experimental treatments, with concentrations of 1000 and 1500 ppm peppermint extract were immersed for 10 minutes (Farjami & Hosseini, 2015). The samples were then packaged and labeled in ordinary cellophane packages and stored at 4±1°C for 9 days. On days 1, 3, 5, 7 and 9, chemical tests (peroxide index (PV), thiobarbituric acid index (TBA), total volatile nitrogen base (TVB-N), Free fat acids (FFA), pH) and sensory properties were performed on the samples with three replications.

Results and discussion: Results of this study showed that the amount of TBA in the control sample increased significantly during storage (P<0.05). The highest amount of TBA in the control sample was on the ninth day (2.04 mg MDA/Kg) which was significantly higher than the 1000 and 1500 ppm treatments of peppermint extract (P<0.05). The lowest level of TBA on day 0 in 1500 ppm treatment was equal to 0.24 mg MDA/Kg, which showed a significant difference with 1000 ppm treatment and control sample (P<0.05). The amount of TBA in 1500 ppm treatment on different storage days with increasing period of time was significantly less than 1000 ppm treatment and control sample (P<0.05). The amount of PV in the control sample and the concentrations of 1000 and 1500 ppm of peppermint extract increased significantly during storage (P<0.05). In samples treated with peppermint extract, the highest amount of PV in 1000 ppm treatment was equal to 3.82 meq/kg of fat on day 9 of storage, which was significantly less than the control sample and more the treatment was 1500 ppm (P<0.05). With increasing storage time, the amount of PV in 1500 ppm treatment on different days was significantly less than 100 ppm treatment and control sample (P<0.05). In the samples treated with peppermint extract, the highest pH value was recorded in the 1500 ppm treatment equal to 6.88 on day 5 of storage, which was significantly higher than the 1000 ppm treatment and the control sample (P<0.05). The lowest pH on day 9 in the control sample was 6.45, which was lower than the values of the treatments. The highest amount of TVB-N was observed on day 0 in the control group. On day 3, no significant difference was observed between the groups (P<0.05). On day 5, a significant difference was observed between the 1500 ppm treatment of peppermint extract with the other two groups (P<0.05), so that this treatment showed the lowest TVB-N. Comparing the levels of free fatty acids (FFA) between the two treatments containing extracts and the control sample, the control sample from the 5th day of storage period onwards showed a significant difference compared to the treatments containing the extract (P<0.05) and increased further. However, the two treatments of peppermint extract had less increase until 9 days of storage and only on the first day there was a significant difference between the treatments and the control sample (P<0.05). At the end of the storage period, the lowest amount of free fatty acids was related to the treatment of mint 1500 ppm. The results of the process of sensory changes of different treatments during 9 days of storage at refrigerator temperature showed that in both treatments and the control sample, it decreased over time, but in the control sample in terms of sensory properties as in other indicators, compared with fillets treated with peppermint extract, the quality decline was faster.

Conclusion: The results of chemical analysis and sensory evaluation of rainbow trout treated with natural peppermint extracts during the 9-day storage period showed; in general, peppermint extract slows down the increasing process of measured parameters and increases the shelf life of fish in the refrigerator. However, in the case of treatments containing plant extracts, despite the effectiveness of both concentrations, but in the case of treatments containing a concentration of 1500 ppm, antioxidant and sensory indices showed a stronger effect and accelerated the process of fish spoilage. Therefore, peppermint extract can be used as a natural preservative to reduce the antioxidant process during storage of rainbow trout fillets.

Keywords: Antioxidant, Peppermint extract, *Oncorhynchus mykiss* Fish