اثر ترکیبات زیست فعال آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) بر کیفیت روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در طول نگهداری

فاطمه شرفی[۱]، سید مهدی حسینی*[۱]، محمود ناصری[۲]، سید محمد موسوی[۱]

*mehdi_1520@yahoo.com

۱- گروه شیلات، دانشکده‌ی منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر
۲- گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

چکیده

در این پژوهش، کیفیت نگهداری روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از ترکیبات زیست فعال گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) مور بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی در این تحقیق شامل تیمار شاهد (فاقد عصاره یا اسانس)، تیمارهای با غلظت ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون عصاره‌ی آویشن شیرازی و تیمارهای با غلظت ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون اسانس آویشن شیرازی بودند. نمونه‌های روغن وارد لوله‌های آزمایش شده، پس از پیچیده شدن در ورق‌های آلومینیومی در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه و در روزهای ۰، ۳، ۶ و ۹ آزمایش شدند. مقایسه نتایج بدست آمده از تیمارهای با غلظت ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون عصاره و اسانس با تیمار شاهد نشان داد که تعدادی از شاخص‌های شیمیایی روغن ها شامل عدد پراکسید (۲۵/۵۲ میلی‌اکی‌والان بر میلی‌گرم) و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (۰/۹۳) در روز ۹ دوره نگهداری در تیمار اسانس با غلظت ۱۲۰۰ قسمت در میلیون از کمترین مقدار برخوردار بودند، درحالیکه تعدادی دیگر از شاخص ها شامل میزان مواد واکنش‌گر با تیوباربیتوریک اسید (۰/۰۹ میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم)، اسیدهای چرب آزاد (۰/۰۸ درصد اولیک اسید) و عدد آنزیدین (۱/۳۰) در روز ۹ دوره نگهداری در تیمارهای عصاره و اسانس ۶۰۰ قسمت در میلیون کمترین مقدار را داشتند. از سوی دیگر، مقایسه مقادیر شاخص‌های کیفی اندازه گیری شده در تیمار شاهد و سایر تیمارها در روز ۹ دوره نگهداری نشان داد که تقریبا همه شاخص‌ها در تیمار شاهد مقادیر بیشتری داشتند که نشان دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره و اسانس گیاه آویشن شیرازی در کاهش سرعت فساد اکسیدانی و افزایش ماندگاری روغن های حاوی این عصاره و اسانس می باشد.

واژه های کلیدی: اسانس، آویشن شیرازی، روغن زائدات، عصاره، ماهی قزل‌آلا

*نویسنده مسئول

مقدمه

بخش‌های سر و امعاء و احشاء ماهیانی که عمدتاً در کارخانه‌های فرآوری شیلاتی دور ریخته می‌شوند، منابع بسیار خوبی برای استخراج روغن ماهی است و بترتیب حدود ۱۳ و ۱۸ درصد چربی دارند (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۴). روغن ماهی از اسیدهای چرب باارزشی برخوردار است که دارای پیوندهای دوگانه در ساختمان خود می‌باشند (Perez-Alonso *et al.*, 2003). بعضی از این اسیدهای چرب به نام اسیدهای چرب امگا ۳ از پیوندهای دوگانه بیشتری برخوردارند که از طریق زنجیره پلانکتونی به بدن ماهیان می‌رسند و در گیاهان و گوشت سایر جانوران وجود ندارند. اسیدهای چرب امگا ۳ از اسیدهای چرب ضروری محسوب می‌شوند، بدان معنا که بدن انسان قادر به ساخت آنها نمی‌باشد و حتماً باید از طریق غذا وارد بدن انسان شوند. این اسیدهای چرب قادرند کلسترولی که در دیواره رگ‌ها رسوب یافته است را از بین ببرند و سبب نرم شدن رگ‌ها و حفظ جریان مناسب خون در آنها شوند (Kose *et al.*, 2001). ته‌نشین شدن کلسترول در رگ‌های خون‌رسان به قلب ممکن است باعث مسدود شدن رگ‌ها و افزایش احتمال حمله قلبی شود که اولین عامل مرگ و میر در بعضی کشور ها مانند آمریکا می باشد. به همین دلیل شاید بتوان به گوشت ماهی، داروی جهانی قلب اطلاق نمود (Horrocks *et al.*, 1999).

به رغم تمام مزایایی که روغن ماهیان دارند، وجود پیوندهای دوگانه در ساختمان آنها و نیز فقدان آنتی اکسیدان‌های طبیعی در این روغن‌ها باعث می‌شوند تا در برابر فساد اکسیداسیونی تحت تاثیر نور، حرارت و اکسیژن بسیار حساس و آسیب‌پذیر باشند (Wanasundara and Shahidi, 1998). اکسیداسیون روغن ماهیان بر پایه تشکیل رادیکال‌های آزاد است و در نهایت ترکیباتی مانند آلدئیدها، کتن‌ها، الکل‌ها، استرها، هیدروکربن‌ها و سایر ترکیبات آزاد می‌شود (Kanner and Rosenthal, 1992) که اثرات سویی بر روغن دارند و سبب ایجاد بو و طعم نامطبوع، کاهش ارزش تغذیه‌ای و تولید مواد سمی می‌شوند و حتی ممکن است اثرات سرطان‌زایی نیز داشته باشند.

استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی و طبیعی در کنار استفاده از دمای پایین، محیط تاریک، ایجاد خلاء و یخ‌پوشی (Lin and Lin, 2005) راههای جلوگیری از اکسیداسیون در روغن ماهی می‌باشند. آنتی‌اکسیدان‌ها غالباً دارای ساختمان فنلی با یک یا چند عامل هیدروکسیل می‌باشند که باید قبل از شروع فرآیند اکسیداسیون به روغن اضافه شوند. آنتی اکسیدان‌ها با اهدای یک اتم هیدروژن به رادیکال های آزاد از گسترش واکنش های زنجیره‌ای در تولید رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کنند (Pokorny, 2003). احتمال اینکه آنتی‌اکسیدان های مصنوعی جهش‌زا و سرطان‌زا باشند، وجود دارد و به همین‌دلیل امروزه مصرف‌کنندگان عمدتاً آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی را ترجیح می‌دهند. منبع اصلی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در طبیعت، روغن‌های گیاهی هستند و علت اینکه روغن‌های گیاهی دیرتر اکسید می‌شوند، به وجود این آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در آنها برمی‌گردد.

خواص آنتی‌اکسیدانی منحصربفرد گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) بر روغن سویا (شهسواری و همکاران، ۱۳۸۷)، فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (شادمان و همکاران، ۱۳۹۴)، گوشت چرخ شده ماهی کپور نقره‌ای (فهیم دژبان و همکاران، ۱۳۹۲) و روند ملانوزیس در میگوی پاسفید غربی (نصیری و همکاران، ۱۳۹۳) ثابت شده است و در این پژوهش برای اولین بار تاثیر عصاره و اسانس این گیاه بر افزایش ماندگاری روغن استخراج شده از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

برای تهیه عصاره گیاه آویشن شیرازی، به میزان ۴۰ گرم از این گیاه وارد ۸۰۰ میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. سپس این مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شده و نمونه صاف شده در دستگاه روتاری تبخیر شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۴). برای حذف کلروفیل به این محلول، دی کلرو متان اضافه شد که در نتیجه آن دو فاز ایجاد شد، فاز بالا حاوی عصاره و فاز پایین حاوی کلروفیل محلول در دی کلرو متان بود که توسط دکانتور جدا شد. این کار ۶ بار دیگر نیز تکرار شد و در نهایت عصاره بدست آمده توسط فریز درایر خشک و به پودر تبدیل شد و تا زمان آزمایش در یخچال نگهداری شد.

برای تهیه اسانس گیاه آویشن شیرازی به روش Bellik (۲۰۱۴) ابتدا گیاه بوسیله آسیاب، پودر شده، به هر ۱۰۰ گرم از پودر گیاه، ۱۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شده و سپس به روش تقطیر آبی به مدت ۴ ساعت با دستگاه کلونجر اسانس‌گیری انجام گرفت. اسانس بدست آمده بوسیله سولفات سدیم آبگیری و تا زمان استفاده در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد وارد ویال‌های شیشه‌ای شده و توسط فویل آلومینیومی پوشیده شدند.

زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در جعبه‌های یونولیت حاوی یخ (به نسبت ۳ به ۱ یخ به زایدات) به آزمایشگاه منتقل شده و به روش Bligh و Dyer (۱۹۵۹) از آن روغن تهیه شد. عصاره و اسانس گیاه آویشن شیرازی در غلظت‌های ۰، ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون به روغن‌ها اضافه شده و این تیمارهای مختلف روغن وارد لوله‌های آزمایش شده، پس از پیچیده شدن در ورق‌های آلومینیومی به مدت ۹ روز در انکوباتور با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (Lapis *et al*., 2013) . شاخص‌های کیفی روغن‌ها شامل میزان اسیدهای چرب آزاد، میزان پراکسید، میزان تیوباربیتوریک اسید، عدد آنیزیدین و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در روزهای ۰، ۳، ۶ و ۹ نگهداری در ۳ تکرار اندازه‌گیری شدند.

برای سنجش شاخص پراکسید به روش Wrolstad و همکاران (۲۰۰۵)، ابتدا ۰/۳ گرم روغن در ۱۰ میلی لیتر اسیداستیک/کلروفرم (به نسبت حجمی ۳ به ۲) حل شد و سپس ۱ میلی‌لیتر محلول یدید پتاسیم اشباع به آن اضافه و به مدت ۱ دقیقه همراه با تکان‌های شدیدی مخلوط گردید. در ادامه همراه با تکان دادن ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر به این محلول اضافه شده و با استفاده از محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا ناپدید شدن رنگ زرد تیتر شد. در ادامه، ۱ میلی لیتر محلول ۱ درصد نشاسته به نمونه اضافه شده و عملیات تیتراسیون تا ناپدید شدن رنگ بنفش ادامه یافت. عدد پراکسید با استفاده از رابطه ذیل بدست آمد:

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{\text{نرمالیته محلول تیوسولفات سدیم} \times \text{حجم تیوسولفات سدیم مصرفی} \times 1000}{\text{وزن نمونه (گرم)}}$$

برای اندازه گیری مواد واکنش گر با تیوبابیتوریک اسید (TBA)، به میزان ۲۰۰ میلی گرم از هر نمونه روغن وارد یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری شده و سپس با محلول ۱-بوتانول به حجم رسانده شد. در ادامه، ۵ میلی لیتر از این مخلوط به لوله‌های آزمایش درب دار وارد شده و ۵ میلی لیتر معرف TBA به آن اضافه شد (برای تهیه معرف TBA، ۲۰۰ میلی گرم TBA در ۱۰۰ میلی لیتر حلال بوتانول حل و فیلتر شد). لوله‌های آزمایش به مدت ۲ ساعت در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و سپس در دمای محیط سرد شدند. در ادامه، مقدار جذب آن (As) در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل بلانک (آب مقطر) (Ab) خوانش شد و مقدار TBA بر حسب میلی گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم گوشت ماهی بر اساس رابطهی ذیل محاسبه شد (Egan *et al*., 1997):

$$TBA = (A_s - A_b) \times 50 / 200$$

برای اندازه گیری میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA) به روش Woyewoda و همکاران (۱۹۸۶)، به هر یک از نمونه‌های روغن به نسبت ۲:۱:۲ کلروفرم، متانول و ۲-پروپانول به همراه معرف متاکروزول ارغوانی اضافه شد. تیتراسیون گروه های کربوکسیلیک آزاد موجود در روغن با سود ۰/۰۵ نرمال تا تغییر رنگ از زرد به ارغوانی ادامه یافت. میزان اسیدهای چرب آزاد به صورت درصد اولئیک اسید با رابطه ذیل بدست آمد:

$$FFA = \frac{N \times (V2 - V1) \times 2.82}{W}$$

N= نرمالیته سود

V_2-V_1 =تفاضل مقدار سود مصرفی (میلی لیتر)

W=وزن چربی (گرم)

برای اندازه‌گیری عدد آنیزیدین به روش AOCS، ۰/۵ گرم نمونه روغن در یک ارلن ۲۵ میلی لیتری با ایزواکتان به حجم رسانده شده و جذب آن در طول موج ۳۵۰ نانومتر خوانش شد. در ادامه ۵ میلی لیتر از نمونهی روغن وارد لوله‌ی آزمایش شده، ۱ میلی لیتر معرف آنیزیدین به آن افزوده و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه عدد جذب آن در طول موج ۳۵۰ نانومتر خوانش شد. عدد آنیزیدین با استفاده از معادله ذیل بدست آمد:

$$\text{عدد آنیزیدین} = 25 \times (1.2\ A_s - A_b) / m$$

As=جذب محلول روغن بعد از واکنش با معرف آنیزیدین

Ab=جذب محلول روغن

m=جرم نمونه روغن (گرم)

برای اندازه گیری شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (BCF) پس از استخراج چربی به روش Bligh و Dyer (۱۹۵۹) به میزان ۰/۲۵ گرم از چربی استحصال شده در بالن حجمی ۲۵ میلی لیتری با ایزواکتان به حجم رسانده شده و پس از انتقال به سل، میزان جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. میزان قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی با استفاده از رابطه ذیل بدست آمد (Aubourg, 1999):

$$BCF = B\frac{V}{W}$$

B=عدد جذب؛ V=حجم چربی؛ W=وزن چربی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۱، نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس داده ها با آزمون لون انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارهای مورد نظر و بررسی تغییرات هر تیمار طی دوره نگهداری از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن با سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

در جدول ۱ تغییرات مقادیر پراکسید در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، عصاره ۶۰۰ و عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می شود. با اینکه میزان پراکسید در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت، اما میزان این افزایش در تیمار شاهد (فاقد عصاره) از همه بیشتر بود و در روزهای ۳، ۶ و ۹ اختلاف معنی داری با تیمارهای حاوی عصاره داشت ($p<0.05$). با این حال، تفاوت معنی‌داری از نظر میزان پراکسید بین تیمارهای عصاره ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در روزهای ۳، ۶ و ۹ نگهداری مشاهده نشد ($p>0.05$).

جدول ۱: مقادیر پراکسید (میلی اکی‌والان بر میلی گرم) روغن های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره‌های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 1: Peroxide values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in control and 600 and 1200 ppm of extract treatments (mean ± SE).

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۴/۴۳±۰/۸۲^{d}	۲۱/۰۳±۱/۴۵^{cA}	۳۲/۷۳±۲/۷۳^{bA}	۴۷/۰۴±۲/۵۱^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۵/۳±۲/۵۳^{b}	۱۶/۳۹±۱/۳۷^{abB}	۲۱/۶۶±۱۳/۷۹^{abB}	۳۱/۷±۱۳/۱۸^{aB}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۵/۸۳±۲/۱^{b}	۱۲/۳۸±۱/۵۸^{abB}	۲۰/۶۹±۱۱/۶۲^{abB}	۳۰/۱۵±۱۵/۸۹^{aB}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۲ تغییرات مقادیر پراکسید در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، اسانس ۶۰۰ و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می شود. در اینجا نیز با اینکه میزان پراکسید در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت، اما میزان این افزایش در تیمار شاهد (فاقد اسانس) از همه بیشتر بود و در روزهای ۳، ۶ و ۹ اختلاف معنی‌داری با تیمارهای حاوی اسانس داشت ($p<0.05$). کمترین میزان پراکسید در پایان دوره نگهداری (روز ۹) مربوط به تیمار روغن حاوی ۱۲۰۰ قسمت در میلیون اسانس بود.

جدول ۲: مقادیر پراکسید (میلی اکی‌والان بر میلی گرم) روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و اسانس های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 2:Peroxide values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of essence treatments (mean ± SE).

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۴/۴۳±۰/۸۲^{d}	۲۱/۰۳±۱/۴۵^{cA}	۳۲/۷۳±۲/۷۳^{bA}	۴۷/۰۴±۲/۵۱^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۴/۲۱±۰/۹۰^{d}	۷/۶۳±۱/۴۹^{cB}	۱۱/۴۱±۱/۶۸^{bC}	۳۷/۴۲±۱/۸۸^{aB}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۴/۲۱±۰/۹۰^{b}	۶/۹۰±۲/۷۹^{bB}	۲۲/۴۰±۱۰/۹۳^{aB}	۲۵/۵۲±۱۱/۶۴^{aC}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۳ تغییرات میزان مواد واکنش گر با TBA در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، عصاره ۶۰۰ و عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می شود. اختلاف معنی‌داری بین میزان TBA در روز های مختلف در تیمارهای شاهد و عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون مشاهده نشد (p>0/05) و فقط میزان TBA در روزهای ۰ و ۹ در تیمار عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون اختلاف معنی‌دار وجود داشت (p<0.05). تفاوت معنی‌داری نیز در روزهای مختلف بین تیمارهای فاقد عصاره (شاهد)، عصاره۶۰۰ و عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده نشد (p>0.05).

جدول ۳: مقادیر مواد واکنش گر با تیوباربیتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم) روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل-آلای رنگین کمان در طول دوره‌ی نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 3:Thiobarbitoric values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of extract tretments (mean ± SE).

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۰۹±۰/۰۳	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۹	۰/۱۴±۰/۰۱
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۵±۰/۰۳	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۱۲±۰/۰۸	۰/۰۹±۰/۰۰
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۷±۰/۰۳b	۰/۱۳±۰/۰۰ab	۰/۱۰±۰/۰۳ab	۰/۱۴±۰/۰۱a

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است ((p<0.05، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است (p<0.05، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period (p<0.05, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day (p<0.05, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۴ تغییرات میزان مواد واکنش گر با TBA در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، اسانس ۶۰۰ و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می‌شود. میزان TBA در طول دوره نگهداری در تیمار شاهد یک روند صعودی داشت، ولی در تیمارهای ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون از روند منظمی برخوردار نبود. در روزهای ۰، ۳ و ۶ نگهداری هیچ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شاهد و اسانس‌های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده نشد (p>0.05) ولی میزان TBA در روز ۹ نگهداری در تیمار ۶۰۰ پایین تر از تیمارهای شاهد و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون بود و با آنها اختلاف معنی‌داری داشت (p<0.05).

جدول ۴: مقادیر مواد واکنش گر با تیوباربیتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم) روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل-آلای رنگین کمان در طول دوره‌ی نگهداری در تیمارهای شاهد و اسانس های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table4: Thiobarbitoric values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of essence tretments (mean ± SE).

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۰۸±۰/۰۳^{b}	۰/۰۹±۰/۰۵^{ab}	۰/۱۴±۰/۰۰^{a}	۰/۱۵±۰/۰۱^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۱۰±۰/۰۰^{b}	۰/۰۸±۰/۰۰^{b}	۰/۱۲±۰/۰۱^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{bB}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۹±۰/۰۱^{b}	۰/۰۷±۰/۰۱^{c}	۰/۱۲±۰/۰۰^{a}	۰/۱۳±۰/۰۲^{bA}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است ((p<0.05، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است (p<0.05، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period (p<0.05, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day (p<0.05, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۵ تغییرات میزان FFA در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، عصاره ۶۰۰ و عصاره ی ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می‌شود. میزان FFA در روزهای مختلف نگهداری در تیمارهای اسانس ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون اختلاف معنی داری نداشت، ولی در تیمار شاهد میزان FFA در روز صفر کمتر از سایر روزها بود و با آنها اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0.05$) . میزان FFA تیمارهای مختلف در روزهای صفر، ۳ و ۶ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، ولی در روز ۹، تیمار ۶۰۰ از تیمارهای صفر و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون پایین‌تر بود و با آنها اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0.05$).

جدول ۵: مقادیر FFA (درصد اولئیک اسید) روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 5: Free fatty acid values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of extract treatments (mean ± SE)

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۰۳±۰/۰۳^{a}	۰/۱۲±۰/۰۱^{b}	۰/۱۳±۰/۰۹^{b}	۰/۱۴±۰/۰۱^{bA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۲±۰/۰۶	۰/۱۰±۰/۰۹	۰/۱۰±۰/۰۷	۰/۰۹±۰/۰۶^{B}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۳±۰/۰۱	۰/۱۳±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۷	۰/۱۲±۰/۰۵^{A}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۶ تغییرات میزان FFA در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، اسانس ۶۰۰ و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می شود. میزان FFA در روزهای مختلف نگهداری در تیمار ۶۰۰ قسمت در میلیون روند منظمی نداشت، در تیمار شاهد، روزهای ۶ و ۹، مقادیر بالاتری از روز صفر داشت و با آن اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0.05$). در تیمار ۱۲۰۰ قسمت در میلیون، روزهای ۶ و ۹ نگهداری اختلاف معنی‌داری با روزهای صفر و ۳ داشت و با آن اختلاف معنی داری نشان دادند ($p<0.05$). میزان FFA در روز صفر بین تیمارهای مختلف اختلافی نداشت، در روز ۳، میزان FFA در تیمار شاهد بالاتر از دو تیمار دیگر بود و با آنها اختلاف معنی‌دار داشت. میزان FFA در روزهای ۶ و ۹ نگهداری در تیمار ۶۰۰ قسمت در میلیون از دو تیمار شاهد و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون پایین‌تر بود و با آنها اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0.05$).

جدول ۶: مقادیر FFA (درصد اولئیک اسید) روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و اسانس های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 6: Free fatty acid values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of essence treatments (mean ± SE).

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۰۶±۰/۰۳b	۰/۰۹±۰/۰۵^{abA}	۰/۱۴±۰/۰۰^{aB}	۰/۱۵±۰/۰۱^{aB}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۷±۰/۰۰a	۰/۰۳±۰/۰۳^{bB}	۰/۰۹±۰/۰۱^{aC}	۰/۰۸±۰/۰۰^{aC}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۰۸±۰/۰۱^{b}	۰/۰۵±۰/۰۲^{bB}	۰/۱۹±۰/۰۵^{aA}	۰/۲۱±۰/۰۱^{aA}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۷ تغییرات عدد آنیزیدین در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، عصاره ی ۶۰۰ و عصاره ی ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می‌شود. بیشترین میزان شاخص آنیزیدین در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در روز ۹ مشاهده شده و میزان این شاخص در این روز با سایر روزها اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین میزان آنیزیدین در روز نهم مشاهده شد. در این روز میزان آنیزیدین تیمارها با هم اختلاف معنی‌دار داشت ($p<0.05$) و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار شاهد (فاقد عصاره) و کمترین آن مربوط به تیمار ۶۰۰ قسمت در میلیون بود.

جدول ۷: مقادیر شاخص آنیزیدین روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 7: Anizidine values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of extract treatments (mean ± SE)

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۳۳±۰/۲۲^{b}	۰/۵۶±۰/۱۲^{bB}	۰/۳۶±۰/۲۵^{b}	۳/۴۶±۰/۱۹^{aB}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۹۳±۰/۰۳^{ab}	۱/۵۹±۰/۳۳^{aA}	۰/۴۲±۰/۲۴^{b}	۱/۶۱±۰/۱۲^{aC}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۸۰±۱/۳۰^{b}	۱/۶۶±۰/۵۲^{bA}	۰/۳۷±۰/۲۱^{b}	۲/۴۵±۱/۱۴^{aA}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۸ تغییرات عدد آنیزیدین در روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، اسانس ۶۰۰ و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می‌شود. میزان آنیزیدین در تیمارهای شاهد و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون در روز ۹ بالاتر از سایر روزها بود و با آنها اختلاف معنی‌دار داشت، در حالیکه در تیمار اسانس ۶۰۰، میزان این شاخص در روز صفر کمتر از سایر روزها بود و بین آنها اختلاف معنی‌دار دیده شد ($p<0.05$). در روزهای ۳ و ۶ نگهداری تیمار اسانس ۶۰۰ قسمت در میلیون با تیمارهای شاهد و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0.05$) و بالاترین میزان مربوط به تیمار ۶۰۰ بود، ولی تیمارهای شاهد و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p>0.05$). در روز ۹ نگهداری همه تیمارها در میزان آنیزیدین با هم اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0.05$)، بطوریکه بیشترین میزان آنیزیدین در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار اسانس ۶۰۰ قسمت در میلیون مشاهده شد.

جدول ۸: مقادیر شاخص آنیزیدین روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره‌ی نگهداری در تیمارهای شاهد و اسانس ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 8: Anizidine values of the oil extracted from rainbow trout wastes during the storage period in the control and 600 and 1200 ppm of essence treatments (mean ± SE)

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۰/۳۳±۰/۲۲^{b}	۰/۵۶±۰/۱۲^{bB}	۰/۳۶±۰/۲۵^{bB}	۳/۴۵±۰/۱۹^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۰/۲۲±۰/۱۳^{b}	۱/۰۲±۰/۳۹^{Aa}	۱/۰۰±۰/۵۴^{Aa}	۱/۴۲±۰/۶۹^{Ca}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۰/۴۴±۰/۴۸^{b}	۰/۶۴±۰/۱۷^{bB}	۰/۲۵±۰/۰۹^{bB}	۲/۶۳±۱/۹۷^{aB}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۹ تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (BCF) در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، عصاره ۶۰۰ و عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می‌شود. میزان این شاخص در تیمار شاهد و تیمار ۱۲۰۰ قسمت در میلیون تا روز ۶ نگهداری تغییر معنی‌داری نداشت، ولی در روز ۹ نگهداری در تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار ۱۲۰۰ به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. تیمارهای مختلف در روزهای ۰، ۳ و ۶ با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند ($p>0.05$) ولی در روز آخر (روز ۹) اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($p<0.05$)، بطوریکه بیشترین میزان شاخص BCF در تیمار شاهد و کمترین میزان در تیمار ۶۰۰ قسمت در میلیون عصاره مشاهده شد.

جدول۹: مقادیر شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و عصاره های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 9: Non-enzymatic browning values of the oil extracted from rainbow trout wastes during storage period in the control and 600 and 1200 ppm of extract treatments (mean ± SE)

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۳/۶۸±۰/۷۳^{b}	۴/۱۱±۰/۶۱^{b}	۴/۵۲±۱/۷۷^{b}	۴/۹۰±۲/۴۹^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۲/۶۶±۰/۶۵^{b}	۳/۳۸±۰/۴۱^{a}	۴/۱۲±۱/۴۲^{a}	۱/۳۰±۰/۶۹^{bC}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۳/۸۰±۰/۶۹^{a}	۳/۹۸±۰/۴۴^{a}	۴/۶۹±۱/۹۶^{a}	۲/۶۰±۰/۵۲^{bB}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

در جدول ۱۰ تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی (BCF) در روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری ۹ روزه در تیمارهای شاهد، اسانس ۶۰۰ و اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون مشاهده می شود. میزان این شاخص در تیمار شاهد و تیمار ۱۲۰۰ قسمت در میلیون تا روز ۶ نگهداری تغییر معنی‌داری نداشت، ولی در روز ۹ نگهداری در تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش و در تیمار ۱۲۰۰ به طور معنی‌داری کاهش نشان داد. در روزهای ۰ و ۳ بین تیمارهای مختلف در میزان BCF اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0.05$)، ولی در روزهای ۶ و ۹ اختلاف معنی دار بین تیمار شاهد با دو تیمار دیگر مشاهده شد ($p<0.05$)، بطوریکه بیشترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد.

جدول۱۰: مقادیر شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در طول دوره نگهداری در تیمارهای شاهد و اسانس های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون(میانگین ± خطای استاندارد)

Table 10: Non-enzymatic browning values of the oil extracted from rainbow trout wastes during storage period in the control and 600 and 1200 ppm of essence treatments (mean ± SE)

تیمار	زمان نمونه برداری (روز)			
	۰	۳	۶	۹
شاهد	۳/۶۸±۰/۷۳^{b}	۴/۳۳±۰/۶۱^{b}	۴/۵۲±۱/۷۷^{bA}	۴/۹۰±۲/۴۹^{aA}
عصاره ۶۰۰ قسمت در میلیون	۲/۳۶±۰/۵۶^{b}	۳/۱۲±۱/۰۴^{a}	۱/۲۴±۰/۲۱^{bB}	۰/۸۵±۰/۴۳^{bB}
عصاره ۱۲۰۰ قسمت در میلیون	۳/۳۳±۱/۳۶^{a}	۳/۴۲±۰/۴۷^{a}	۲/۳۶±۱/۱۸^{aB}	۰/۹۳±۰/۲۷^{bB}

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول زمان نگهداری است (($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن). حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارها در هر یک از زمان ها است ($p<0.05$، آزمون چند دامنه دانکن).

The lower letters in each row show significant difference in each treatment during storage period ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range), and the capital letters in each column show significant difference between treatments on each day ($p<0.05$, Duncan's Multiple Range).

بحث

در اکسیداسیون چربی‌ها، اسیدهای چرب غیر اشباع با مولکولهای اکسیژن واکنش داده و تجمعی از هیدروپروکسیدها شکل خواهند گرفت (Ojagh *et al*., 2010) که به عنوان محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها محسوب می‌شود و اندازه‌گیری شاخص پراکسید، میزان این محصولات اولیه را نشان خواهد داد (Olafsdottir *et al*., 1997). همانطوریکه جدول های ۱ و ۲ نشان می‌دهند، میزان پراکسید در تیمارهای حاوی عصاره و اسانس گیاه آویشن شیرازی کمتر از تیمار شاهد (فاقد عصاره و اسانس) بود که نشان دهنده خواص آنتی‌اکسیدانی این عصاره‌ها و اسانس‌ها و جلوگیری از اکسیداسیون روغن می باشد که با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۴) در مورد تاثیر عصاره هیدروالکلی بیلهر در افزایش پایداری اکسیداتیو روغن ماهی مطابقت دارد. با این حال، از آنجایی که هیدرپروکسیدها بسرعت تخریب می‌شوند و ترکیبات ثانویه اکسیداسیون مانند آلدئیدها و کتن‌ها را بوجود می‌آورند، اندازه‌گیری پراکسید به تنهایی قابل اطمینان نمی‌باشد و روش‌های دیگر اندازه‌گیری فساد اکسیداسیونی نیز باید در کنار آن انجام گیرند (Rostamzad *et al*., 2010).

سنجش TBA در ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی‌ها، مقادیر محصولات ثانویه اکسیداسیون و بویژه آلدئیدها و کتن‌ها را نمایان می‌سازد (Lindsay, 1991). همانطوریکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود تیمار اسانس با غلظت کمتر (۶۰۰ قسمت در میلیون) نسبت به تیمار با غلظت بالاتر (۱۲۰۰ قسمت در میلیون) از توانایی بالاتری برای جلوگیری از اکسیداسیون برخوردار است که علت آن می‌تواند این باشد که غلظت‌های بالای اسانس گیاه آویشن شیرازی سبب ایجاد رادیکال‌های آزادی می‌شوند که به عنوان یک پرواکسیدان عمل می‌کنند (Halliwell and Chirico, 1993). با اینکه نتایج این پژوهش با تحقیقات محمدی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشته است، ولی با این حال پیشرفت روند واکنش‌های اکسیداسیون در گونه های مختلف ماهیان ممکن است تفاوت زیادی با هم داشته باشد و شاخص TBA بیانگر درجه واقعی اکسیداسیون نباشد(Aubourg and Gallardo, 2005).

شکل‌گیری اسیدهای چرب آزاد (FFA) در اثر اتولیز چربی‌ها توسط آنزیم‌هایی مانند لیپازها و فسفولیپازها صورت می گیرد (Losada *et al*., 2007). تشکیل FFA در گوشت ماهی از اهمیت برخوردار است که دلایل آن عبارتند از: ۱-مولکول‌های FFA به علت اندازه کوچکتر خود در مقایسه با مولکول‌های بزرگتر چربی (مانند تری گلیسیریدها و فسفولیپیدها) با سرعت بیشتری اکسید می شوند (Losada *et al*., 2007). ۲-گروه های کربوکسیل در اسیدهای چرب آزاد ایجاد شده به عنوان کاتالیزور در اکسیداسیون چربی‌ها عمل کرده و رادیکال‌های آزاد بیشتری ایجاد می‌کنند (Aubourg, 2001). ۳-اسیدهای چرب آزاد با پروتئین‌های موجود در گوشت واکنش می‌دهند و سبب دناتوره شدن پروتئین، سفتی بافت گوشت و کاهش قابلیت پذیرش آن توسط مصرف‌کننده می‌شوند (Losada*et al*., 2004).

همانطوریکه در جدول ۵ مشاهده می‌شود غلظت ۶۰۰ قسمت در میلیون عصاره تاثیرگذاری بالاتری در کاهش و به تاخیر انداختن هیدرولیز چربی‌ها داشت و از سوی دیگر، همانطوریکه در جدول ۶ مشاهده می شود، میزان اتولیز چربی‌ها و تشکیل اسیدهای چرب آزاد در تیمار حاوی ۶۰۰ قسمت در میلیون اسانس گیاه آویشن شیرازی از همه کمتر بود که نشان دهنده تاثیر مثبت این غلظت از اسانس در کاهش روند هیدرولیز چربی‌ها بوده است. در عین حال بیشتر بودن میزان FFA در تیمار اسانس ۱۲۰۰ قسمت در میلیون را نیز می‌توان به اثر پراکسیدانی غلظت‌های بالای اسانس آویشن شیرازی نسبت داد. بالاتر بودن میزان FFA در مقادیر بالاتر پلی فنل چای نیز به خاصیت پراکسیدانی غلظت‌های بالای پلی فنل چای نسبت داده شد (Fan *et al*., 2008).

شاخص آنیزیدین نیز یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری محصولات ثانویه اکسیداسیون مانند آلدئیدها و کتون ها محسوب می‌شود. همانطوریکه در جداول ۷ و ۸ مشاهده شد، کمترین میزان این شاخص در روز ۹ در تیمار ۶۰۰ قسمت در میلیون عصاره و اسانس مشاهده شد که بیانگر نقش ترکیبات زیست فعال عصاره و اسانس آویشن شیرازی در جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌هاست که با تحقیقات Wanasundara و Shahidi (۱۹۹۸) در بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پراکسیدانی عصاره چای سبز بر روغن‌های دریایی همسو می‌باشد. افزایش شاخص آنیزیدین در تیمار شاهد در روز ۹ نیز بیانگر واکنش خودبخودی و افزایش محصولات ثانویه حاصل از تجزیه هیدروپروکسیدها و ترکیبات کربونیل دار با گذشت زمان می‌باشد (Shahidi and Naczk, 2003).

واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی یا میلارد در اثر واکنش بین اسیدهای آمینه‌ی پروتئین‌ها و سایر مولکول‌های بیولوژیک با محصولات حاصل از واکنش اکسیداسیون لیپیدها (مانند آلدئیدها و کتون‌ها) ایجاد شده که در نتیجه آن ترکیبات جدید

دیگری ایجاد می‌شوند (Fridman, 1966) که ارزش تغذیه‌ای گوشت ماهی را کاهش می‌دهند (مختاری، ۱۳۹۰). افزودن عصاره و اسانس گیاه آویشن شیرازی به روغن‌ها باعث شد تا شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در انتهای دوره نگهداری نسبت به ابتدای دوره کاهش معنی‌داری داشته ($p<0/05$) و بیانگر حفظ کیفیت و جلوگیری از قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در اثر اضافه شدن عصاره و اسانس می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

مقایسه‌ی غلظت‌های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ قسمت در میلیون عصاره و اسانس گیاه آویشن شیرازی نشان داد که بعضی از شاخص‌های شیمیایی اندازه گیری شده در روغن‌های استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در غلظت ۶۰۰ قسمت در میلیون و تعدادی دیگر در غلظت ۱۲۰۰ قسمت در میلیون کاهش یافته‌اند که نشان دهنده این است که غلظت‌های متفاوت عصاره و اسانس آویشن شیرازی تاثیرات متفاوتی بر طول دوره نگهداری روغن استخراجی از زائدات ماهی قزل‌آلای رنگین کمان داشته‌اند. با این حال مقایسه مقادیر شاخص‌های کیفی اندازه‌گیری شده تیمار شاهد با سایر تیمارها در طول ۹ روز نگهداری نشان داد که تقریبا همه شاخص‌ها در تیمار شاهد مقادیر بیشتری داشتند که نشان دهنده فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره و اسانس گیاه آویشن در کاهش سرعت فساد اکسیداسیونی و افزایش ماندگاری روغن‌های حاوی این عصاره و اسانس می‌باشد.

منابع

شادمان، ش.، حسینی، س.ا.، ارشاد لنگرودی، ه. و شعبانی، ش.، ۱۳۹۴. مطالعه عملکرد سینرژیستی روغن آفتابگردان و اسانس آویشن شیرازی بر کیفیت فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. مجله میکروب شناسی مواد غذایی. دوره دوم. شماره ۳. صفحات ۶۱-۷۵.

شهسواری، ن.، برزگر، م. و نقدی بادی، ح.، ۱۳۸۷. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه آویشن شیرازی در روغن سویا. فصلنامه گیاهان دارویی. صفحات ۶۸-۵۶.

عبدالهی، م.، رضایی، م.، جعفری، ا. و سلطان، ک.، ۱۳۹۴. ارزیابی بازده تولید زایدات و ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌های مختلف طی فرآوری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، مجله علوم و فنون شیلات. دوره دوم. شماره چهارم.صفحات ۴-۳.

فهیم دژبان، ی.، مطلبی، ع.، حسینی، س.ا.، خانی پور، ع.ا.، سلطانی، م.، زارع گشتی، ق. و خدابنده، ف.، ۱۳۹۲. بررسی اثر عصاره رزماری (*Rosmarinus officinalis*)و آویشن شیرازی(*Zataria multiflora*) بر پایداری اسیدهای چرب در گوشت چرخ شده منجمد ماهی کپور نقره‌ای. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۲. شماره۲.

محمدی، ن.، اجاق، س.م. و باباخانی لشکان، ا.، ۱۳۹۴. بررسی پایداری اکسیداتیو روغن ماهی با استفاده از عصاره هیدروالکلی بیلهر تحت حرارت مایکروویو. فصلنامه علمی پژوهشی. دوره چهارم. شماره یک. صفحات ۹۲-۸۳.

مختاری، ش.، ۱۳۹۰. خواص آنتی‌اکسیدانی محصولات واکنش میلارد. بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، تهران، دانشگاه صنعتی شریف.

نصیری، ا.، موسوی نسب، م.، شکرفروش، س.ش. و گلمکانی، م.، ۱۳۹۳. بررسی اثر اسانس آویشن شیرازی بر مهار آنزیم پلی فنل اکسیداز و روند ملانوزیس در میگو پاسفید غربی. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۳، شماره ۳.

Aubourg, S.P. and Gallardo, J.M., 2005. Effect of brine freezing on the rancidity development during the frozen storage of small pelagic fish species. European Food Research and Technology, 220(2): 107-112. DOI: 10.1007/s00217-014-2210-3

Aubourg, S.P., 1999. Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. *Food Research International*, 32(7):497-502. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00123-4

Aubourg, S.P., 2001. Fluoroscence study of the pro-oxidant effect of free fatty acids on marine lipids. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(4): 385-390. DOI:10.1002/1097-0010(200103)81:4<385:AID-JSFA821>3.0.CO;2-X

Bellik, Y. 2014. Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of Zingiber officinale Roscoe. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 4(1): 40-44. DOI: 10.1016/S2222-1808(14)60311-X

Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959.Arapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37(8): 911-917. D0I: 10.1139/o59-099

Egan H., Krik R.S., SawyerR., 1997. Pearsons Chemical Analysis of Foods.9 (Edn): 609-634.

Fan, w., Chi, Y. and Zhang, S., 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp during storage in ice. Food Chemistry, 108(1):148-153. DOI: 10.1016/j. foodchem.2007.10.057

Fridman, M., 1996. Food browning and its prevention: an overview. *Journal of* Agricultural and Food Chemistry, 44(3): 631-653. DOI**:** 10.1021/jf950394r

Halliwell, B. and Chirico, S., 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. The American Journal of Clinical Nutrition, 57(5): 715s-724s. DOI: 10.1093/ajcn/ 57.5.715S.

Horrocks, L.A. and Yeo, Y.K., 1999. Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). Pharmacological Research, 40(3):211-225. DOI: 10.1006/phrs.1999.0495

Kanner, J. and Rosenthal, I., 1992. An assessment of lipid oxidation in foods (Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 64(12):1959-1964.

Kose, S., Karacami, H., Kutlo, S. and Boran, M.. 2001. Inestigating the shelf life of the anchovy dish frozen storage at -18. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 25(5), pp.651-656.

Lapis, T.J., Oliveria, A., Crapo, C.A., Himelbeloom, B., Bechtel, P.J. and Long, K.A., 2013.Supplementing long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in canned wild Pacific pink salmon with Alaska salmon oil. Food Science and Nutrition, 1(1):15-26. DOI: 10.1002/fsn3.4

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. DOI: 10.1016/j.foodcont. 2004.01.007

Lindsay, R.C., 1991. Flavor of fish. Paper presented at 8th World Congress of Food Science and Technology, 29th September-4th October, Torento, Canada.

Losada, V., Barros-Velazquez, J., Gallardo, J.M. and Aubourg, S.P., 2004. Effect of advanced chilling methods on lipid damage during sardine storage. European Journal of Lipid Science and Technology, 106(12):844-850. DOI**:** 10.1002/ ejlt.200400991

Losada, V., Barros-Velazquez, J. and aubourg, S.P., 2007. Rancidity development in frozen pelagic fish: influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. LWT-Food Science and Technology, 40(6):991-999. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.05.011

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

Olafsdottir , G., Martinsdottir, E., Oehlenschlager, J., Dalgarrd, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henehan, G., Nielsen, J. and Nielsen, H., 1997. Methods of evaluate fish freshness in research and industry. Trends in Food Science and Technology, 8(8): 258-265. DOI: 10.1016/S0924-2244(97)01049-2

Perez-Alonso, F., Arias, C. and Aubourg, S.P., 2003. Lipid deterioration during chilled storage

Wanasundara, U.N. and Shahidi, F., 1998. Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extracts in marine oils. Food Chemistry, 63(3):335. DOI: 10.1016/S0308-8146(98) 00025-9

Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., ke, P.J. and Burns, B.G., 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences, 1448P.

Wrolstad, R.E., Decker, E.A., Schwart, S.J. and sporns , p., 2005. Handbook of food analytical chemistry, water, proteins, enzymes, lipids and carbohydrates. John Wiley and Sons, 1397P.

of Atlantic pomfret (*Bramabrama*). European journal of lipid science and technology, 105(11):661-667.

Pokorny, J., 2003. Natural antioxidants. pp. 31-45, In: Zeuthen, P., Sorensen, L. B. (eds.) Food Preservation Techniques.

Rostamzad, H., Shabanpour, B., Kashaninejad, M. and Shabani, A., 2010. Inhibitory impacts of natural antioxidants (ascorbic and citric acid) and vacuum packaging on lipid oxidation in frozen Persian sturgeon fillets. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 9(2):279-292.

Shahidi, F. and Naczk, M., 2003.Phenolics in food and nutraceuticals.CRC Press.

Effect of thyme (*Zataria multiflora*) bioactive compounds on oil quality extracted from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) wastes during storage

Sharafi F.[1]; Hosseini S.M.[1*]; Naseri M.[2]; Moosavi S.M.[1]

[*]mehdi_1520@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Marine Science and Technology University, Khorramshahr, Iran
2- Department of Natural Science and Environment, Agriculture Faculty, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

The quality of the oil extracted from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) wastes was evaluated using bioactive compounds of the plant thyme (*Zataria multiflora*). Three treatments were in this research: 1- Samples without extract or essence (control), 2-Samples with concentrations of 600 and 1200 ppm of extract and 3-Samples with concentrations of 600 and 1200 ppm of essence. The oil samples entered in test tubes which rapped in aluminum sheets and incubated in 50° C and analyzed on days 0, 3, 6 and 9. The results showed that chemical analysis of oils extracted from rainbow trout wastes including peroxide and non-enzymatic browning were lowest in 1200ppm of essence on day 9 of storage period while some other quantitative indices including thiobabrbitoric acid, free fatty acids and anisidine value were lowest in 600ppm of extract and essence on day 9. Comparing quantitative parameters in control and other treatments showed that almost all indices were higher in control indicating the antioxidant activity of the extract and essence of the plant they in reducing oxidative spoilage rate and increasing the shelf life of the oils.

Keywords: Essence, Thyme, Oil, Wastes, Extract, Rainbow Trout

[*]Corresponding author