



DOI: 10.22034/FR.2021.39378.1732

ارزیابی شاخص‌های کیفی روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با روغن‌های رایج (روغن آفتابگردان و روغن کِلِکا) در تغذیه آبزیان و انسان

فرزانه وردی‌زاده^۱، صدیقه بابایی*^۲، زهرا موسوی^۱ و محمود ناصری^۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۱

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، فراوری محصولات شیلاتی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

^۲ استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

^۳ دانشیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

* مسئول مکاتبه: Email: Babaei.Sedigheh@gmail.com ؛ s-babaei@shirazu.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: بهره برداری از روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به عنوان یک محصول ارزشمند در تغذیه انسان و دام. **هدف:** ارزیابی کیفیت روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و مقایسه آن با روغن‌های آفتابگردان و کِلِکا بعنوان پرکاربردترین روغن‌ها در صنایع خوراک انسان و دام. روش کار: روغن ماهی کِلِکا و آفتابگردان بلافاصله پس از تولید، از کارخانه خریداری گردید. امعا و احشا ماهی قزل‌آلا از یک فروشگاه محلی تهیه و روغن آن به روش سرد استخراج شد. شاخص‌های کیفی پراکساید، تیوباربتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد بررسی و در پایان با بهره برداری از مدل فضای رنگی CIELab شاخص‌های سفیدی، زردی و قهوه‌ای بودن روغن‌ها مقایسه گردید. **نتایج:** بدون بکارگیری فرآیند تصفیه و استفاده از پاداکسندها، کیفیت روغن پسماند در محدوده مجاز مصرف انسان گزارش شد. نتایج نشان داد روغن کِلِکا با در نظر داشتن شاخص پراکساید و تیوباربتوریک اسید نازلترین کیفیت را داشت. اسیدهای چرب آزاد در روغن پسماند از دو روغن دیگر بالاتر بود. اکسیداسیون چربی و تولید محصولات غیرفرار کربونیلی منجر به تغییر رنگ روغن کِلِکا شد. نتایج رنگ سنجی ضمن تایید آنالیزهای شیمیایی حاکی از بالاتر بودن شاخص قهوه‌ای شدن روغن کِلِکا بود، درحالیکه شاخص سفیدی روغن پسماند و آفتابگردان برتر از کِلِکا گزارش شد. در بسیاری از شاخص‌های فساد از جمله پراکساید، TBA، قهوه‌ای شدن، زرد شدن و سفیدی، تفاوت معنی داری در کیفیت روغن پسماند و آفتابگردان مشاهده نشد. **نتیجه-گیری نهایی:** روغن پسماند از نظر شاخص‌های کیفیت و رنگ در وضعیت مناسبی قرار داشت. استفاده از فرآیندهای تکمیلی تصفیه و پاداکسندها می‌تواند در افزایش طول دوره ماندگاری و استفاده بیشتر این روغن موثر باشد.

واژگان کلیدی: اکسیداسیون روغن، روغن ماهی، فساد اکسیداتیو، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

امروزه با توجه به رشد نیازهای تغذیه‌ای، توجه به استفاده از پتانسیل‌های دریایی دوچندان شده است. قزل-آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مطلوب-ترین ماهی‌های پرورشی است. حجم تولید این ماهی بالغ بر ۸۱۱ هزار تن بوده (فائو ۲۰۱۹) و ایران از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ها در دنیا است (حدود ۱۶۷ هزار تن، سازمان شیلات ایران ۱۳۹۷). افزایش تقاضا و به دنبال آن گسترش صنایع عمل‌آوری، منجر به تولید حجم بالایی از زایدات این ماهی شده است (شرافت و همکاران ۱۳۹۱). زایدات ماهی شامل سر، پوست، دم، باله، امعاء و احشاء است که پتانسیل استخراج روغن آن به اثبات رسیده است (رامکریشان و همکاران ۲۰۱۳).

روغن ماهی منبع غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ بویژه، دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) است که دریافت کافی آن‌ها در رژیم غذایی روزانه به دلیل اثرهای مفید تغذیه‌ای، جلوگیری و درمان احتمالی بسیاری از بیماری‌ها و اختلالات، بویژه بیماری‌های قلبی و عروقی، مورد توجه و توصیه بسیاری از کارشناسان و محققان قرار گرفته است (اثنی عشری و همکاران ۲۰۱۹؛ یو و همکاران ۲۰۰۸). از آنجا که اسیدهای چرب چند غیراشباعی در بدن تولید نمی‌شود می‌بایست از طریق تغذیه تأمین گردند (هائو و همکاران ۲۰۱۵). از همین رو استفاده از روغن ماهی در تغذیه انسان و تولید خوراک دام لازم و ضروری است. روغن معمولاً از کل ماهی با استفاده از روش‌های شیمیایی، آنزیمی، پخت و پرس به دست می‌آید (رامکریشان و همکاران ۲۰۱۳). عمده‌ترین منبع تامین روغن ماهی، ماهیان پلاژیک ریز هستند که کمتر برای مصرف گوشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (مانند فانوس ماهیان)، می‌باشند. ماهی کیلکا اصلی‌ترین منبع تولید روغن در شمال کشور است. این روغن محصول جانبی کارخانه‌های تولید پودر ماهی است. با توجه به ارزش غذایی روغن کیلکا، استفاده از آن در صنایع تولید خوراک دام و طیور از اهمیت ویژه‌ای

برخوردار می‌باشد (قاسمی و همکاران ۲۰۱۴). با وجود قیمت در خور توجه و ارزش غذایی بالا، روغن کیلکا به دلیل وفور اسیدهای چرب غیراشباع به شدت در برابر اکسیداسیون آسیب‌پذیر می‌باشد (پیرستانی و همکاران ۲۰۱۰؛ فاضل و همکاران ۲۰۰۸).

با توجه به موارد یاد شده تلاش‌های بسیاری جهت جایگزینی روغن ماهی با سایر روغن‌ها انجام گرفته است. بر پایه نتایج پیشین، یکی از روغن‌هایی که از نظر ارزش غذایی جایگزین مناسبی برای روغن ماهی (ارزش غذایی بالا و آسیب‌پذیر در برابر اکسیداسیون) است، روغن آفتابگردان می‌باشد. روغن آفتابگردان یکی از روغن‌های متداول برای مصارف انسانی است. با توجه به ترکیب اسیدهای چرب، روغن آفتابگردان در بحث جایگزینی روغن ماهی کاربرد ویژه‌ای داشته است (دالبیر و همکاران ۲۰۱۵). اگرچه تا امروز تلاش کمی جهت استحصال روغن از پسماند ماهی صورت گرفته اما مطالعات قبلی نشان داد که روغن بافت قزل‌آلا به دلیل طعم و رنگ، در دسترس بودن و آلودگی کم (مخصوصاً فلزات سنگین) ارزش در خور توجهی دارد. از سوی دیگر با توجه به گسترش آبرزی پروری و صنایع عمل‌آوری، روغن استحصال شده از این منبع از قیمت مناسبی برخوردار خواهد بود.

اکسیداسیون روغن مشکلی بحرانی در هنگام فرآوری است که سبب کاهش کیفیت و ارزش غذایی محصول خواهد شد (کوماری و همکاران ۲۰۱۴). اکسیداسیون علاوه بر تغییر ویژگی‌های حسی و ارزش غذایی، عمر نگهداری محصول را کاهش خواهد داد. با توجه به این مهم، در گذشته مطالعات متعددی روی روغن‌های مختلف صورت گرفته است به طور مثال تغییرات کیفیت روغن کیلکا (محمدی و همکاران ۱۳۹۴)، آفتابگردان (علی و همکاران ۲۰۱۶)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (اعتمادی و همکاران ۲۰۱۳) و کلزا (آگرگان و همکاران ۲۰۱۷) طی دوره عمل‌آوری و نگهداری بررسی شده است.

تولید کننده روغن خوراکی (مصارف انسانی) تهیه شد. روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز از زایدات امعا و احشا ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، استخراج شد. استخراج روغن از پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (امعاء و احشاء) به صورت تازه از فروشگاه بهشت واقع در میدان اطلسی شهر شیراز، به صورت روزانه تهیه شد. بعد از انتقال به آزمایشگاه بخش شیلات دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز، کاملاً از وجود خون و سایر اجزاء با شستشوی آب پاکسازی و پس از آگیری کامل، بسته‌بندی و در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد قرار داده شد. جهت استخراج روغن از پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، از روش طراحی شده توسط وفایی و همکاران استفاده شد (وفایی و همکاران، ۱۳۹۶). پسماند بدون استخوان به کمک چرخ گوشت به طور کامل خرد شد سپس به ۱۰۰ گرم از نمونه ۴۰۰ سی سی دی‌کلرومتان اضافه شد (۴:۱ وزنی/حجمی) و پس از این که به کمک یک همزن شیشه‌ای هم زده شد، میزان ۲٪ متانول به آن اضافه گردید. سپس نمونه در دکانتور ریخته و در حالت سکون قرار داده شد. پس از تشکیل دو فاز، حلال به کمک یک کاغذ صافی واتمن (اندازه مش ۴۱، ساخت پاکستان) فیلتر شد. از سولفات سدیم انیدر به عنوان رطوبت گیر در عمل فیلتراسیون استفاده شد. در ادامه از روتاری اوپراتور (Fara Azma، ایران)، با دمای ۵۰ درجه سانتی-گراد جهت حلال‌پرانی کامل و تغلیظ روغن استفاده شد. روغن استخراج شده در یک ظرف شیشه‌ای کدر در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. برای محاسبه بازده استخراج روغن از رابطه زیر استفاده شد.

امروزه خالص سازی اسیدهای چرب روغن ماهی از اهمیت بالایی برخوردار است. اسیدهای چرب خالص سازی شده بصورت کپسول حاوی امگا-۳ در داروخانه-ها عرضه می‌شوند. این دسته از محصولات در بررسی-های بالینی به عنوان یک مکمل غذایی سالم و طبیعی و گاه غنی شده با ویتامین‌ها و عناصر معدنی توصیه شده‌اند. با توجه به این که میزان صید و پرورش ماهی قزل‌آلا گسترش یافته است بالطبع پسماند حاصل به منظور استحصال ترکیبات با ارزش افزوده مثل روغن در دسترس خواهد بود که این امر باعث استفاده بهینه از یک ماده‌ی دور ریز برای حصول یک محصول با ارزش افزوده‌ی بالا می‌گردد و به نوعی از بار آلودگی تحمیل شده بر محیط زیست خواهد کاست، لذا در این پژوهش سعی بر آن است تا ضمن استخراج روغن از پسماند ماهی قزل‌آلا و محاسبه بازده استخراج آن، کیفیت این روغن با روغن‌های پرکاربرد در تغذیه انسان و خوراک دام (آفتابگردان و کیلکا) مقایسه گردد. در صورت برابری کیفیت روغن پسماند با هریک از روغن‌های یاد شده استفاده از آن برای مصارف انسانی یا خوراک دام قابل توصیه خواهد بود، در این تحقیق برای تعیین فساد اکسیداتیو از آزمون‌های ارزش پراکساید (PV)، اسیدهای چرب آزاد (FFA) و شاخص تیوباربتوریک اسید (TBA) و برای ارزیابی رنگ از شاخص‌های L^* ، a^* و b^* شاخص قهوه‌ای، زردی و سفیدی، استفاده شد. انتظار می‌رود روغن امعا و احشا ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بتواند جایگزین مناسبی برای روغن‌های بکار برده در صنعت خوراک دام و غذای انسان شود.

مواد و روش‌ها

روغن کیلکا از مزرعه ماهیان خاویاری قره‌برون (مازندران-ساری) و روغن آفتابگردان از شرکت‌های

$100 \times (\text{وزن نمونه امعاء و احشاء (g)} / \text{وزن روغن استحصال شده (g)}) = \text{بازده روغن (\%)}$

ارزیابی شاخص پراکساید PV

جهت تعیین مقدار PV روغن‌ها، ابتدا ۱ گرم روغن از هر سه نمونه، بطور جداگانه در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی-لیتری ریخته شد. سپس به آن ۱۰ میلی‌لیتر مخلوط کلروفرم و استیک اسید (به نسبت ۲ به ۳ حجمی/حجمی) و ۰/۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم اشیاع اضافه گردید و به مدت ۱ دقیقه در تاریکی نگهداری شد. سپس ۳۰ میلی‌لیتر

آب مقطر و چند قطره چسب نشاسته اضافه شد و تا شفاف شدن رنگ نمونه‌ها، با محلول تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیترا گردید. میزان پراکساید هر یک از نمونه‌ها به کمک فرمول زیر محاسبه شد. جهت تهیه چسب نشاسته ابتدا ۱ گرم نشاسته در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر سرد حل شد. سپس ۲۸ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش به آن اضافه شد و پس از به جوش آمدن از روی حرارت برداشته شد (AOCS، ۲۰۰۰).

(g) وزن نمونه / (ml) حجم تیتراسیون مصرفی \times نرمالیت تیوسولفات $\times 1000 = \text{PV (MeqO}_2/\text{kg Fat)}$

ارزیابی شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)

ابتدا برای تهیه معرف TBA، مقدار ۰/۲ گرم از معرف در ۱۰۰ میلی‌لیتر ۱- بوتانول به کمک حرارت حل شد. سپس ۰/۲ گرم از هر سه روغن به طور جداگانه در ۲۵ میلی‌لیتر ۱- بوتانول حل شد، سپس از هر کدام از روغن-ها سه تکرار (۵ میلی‌لیتر محلول روغن و ۵ میلی‌لیتر معرف) تهیه شد و یک نمونه شاهد که فقط حاوی ۱۰ میلی‌لیتر معرف بود را درون لوله‌های آزمایش شیشه‌ای تهیه کرده و به مدت ۲ ساعت در بن‌ماری با دمای ۹۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد پس از گذشت ۲ ساعت نمونه‌ها از بن‌ماری خارج شد و پس از خنک شدن، جذب آن در طول موج ۵۳۰ نانومتر به کمک دستگاه

اسپکتوفتومتر (T70، PG Instruments Limited، انگلیس)، خوانده شد (نامولما و همکاران ۱۹۹۹).

$$\text{TBA} = 50 \cdot (\text{As} - \text{Ab}) / 200$$

As = جذب نمونه

Ab = جذب شاهد

ارزیابی شاخص اسیدهای چرب آزاد (FFA)

ابتدا ۰/۵ گرم روغن از هر نمونه به کمک حرارت ملایم در الکل خنثی شده حل گردید. چند قطره فنول فتالین به مخلوط اضافه کرده و تا زمانی که رنگ مخلوط الکل و روغن به رنگ صورتی تغییر نماید با سود ۰/۱ نرمال تیترا شد و به کمک رابطه‌ی زیر میزان اسیدهای چرب آزاد، محاسبه شد (اگان و همکاران ۱۹۹۷).

وزن چربی (g)/(ml) حجم سود مصرفی \times نرمالیت سود $\times 28/2 = \text{FFA (mg/g)}$

از هر نمونه بطور تصادفی انتخاب و شاخص‌های L^* و b^* آن قرائت شد سپس شاخص‌های زردی، سفیدی و قهوه‌ای بر اساس روابط زیر محاسبه گردید.

(لونا و استیوز ۲۰۱۹) $142.86 b^* / L^* =$ شاخص زردی

(اجاق و $0.511 L^* - 2.324 a^* - 1.10 b^* =$ شاخص سفیدی

همکاران ۲۰۱۰)

(سوبهاشری ۰.۱۷۲) $(100(x - 0.31)) / 0.172 =$ شاخص قهوه‌ای

و همکاران ۲۰۱۷)

$$x = a^* / 1.75 L^* / 5.645 L^* + 3.012 b^*$$

ارزیابی رنگ روغن با روش $L^* a^* b^*$

شاخص رنگ L^* بیانگر میزان روشنایی بوده و از صفر تا ۱۰۰ متغیر می‌باشد که صفر ضریب تاریکی و ۱۰۰ بالاترین میزان سفیدی است. شاخص رنگ a^* نشان دهنده‌ی طیف رنگی از قرمز تا سبز و شاخص رنگ b^* نشانگر طیف رنگی از آبی تا زرد است. a^* و b^* دو طیف رنگی کروماتیک می‌باشند که مقادیری بین ۱۲۰- الی ۱۲۰+ را شامل می‌شوند. که با دستگاه رنگ سنج MAT (2000 ایرانیان طب بارز، ایران)، اندازه‌گیری شد. ۹ نقطه

شاخص پراکسید (PV)

شاخص PV بیانگر میزان محصولات اولیه‌ی اکسیداسیون چربی است، این شاخص تجمع پراکسیدها و هیدروپراکسیدهای تولید شده در مرحله ابتدایی فساد چربی را نشان می‌دهد. هرچه میزان اشباعیت روغن کمتر باشد میزان پراکسید بالا در آن محتمل‌تر است. محصولات حاصل از اکسیداسیون اولیه روغن‌ها تاثیری بر طعم آن ندارد (سیمات و همکاران ۲۰۱۹). بنابراین از طریق شاخص‌های حسی نمی‌توان به فساد اولیه در چربی‌ها پی برد اما، محصولات اولیه با گسترش فساد ضمن تولید کتون و آلدهید، باعث ایجاد طعم و رایحه نامطلوب در محصول نهایی خواهند شد (توچر ۲۰۰۳). میزان فساد اولیه چربی مطابق با شکل ۲، در روغن کیلکا، روغن خوراکی و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان به ترتیب برابر با $7/16 \pm 66/66$ ، $2/88 \pm 3/605$ و $0/776 \pm 11/78$ (meqO₂/kg oil) بود. روغن کیلکا بالاترین میزان PV را نشان داد در حالیکه بین میزان پراکسید در نمونه روغن آفتابگردان و روغن پسماند اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P \geq 0/05$).

حد مجاز میزان این شاخص برای روغن‌های خوراکی تصفیه شده مورد مصرف انسان کمتر از ۵ و روغن تصفیه نشده کمتر از ۱۰ گزارش شده است. (کدکس، ۱۹۹۳). بررسی اختلاف پراکسید در هر یک از روغن‌ها با استانداردهای تعریف شده، به کمک آزمون One sample t-test میسر گردید. بر پایه نتایج آنالیز یاد شده، میزان پراکسید روغن کیلکا بیش از حدود مجاز تعریف شده برای مصارف انسانی و دامی بود، در حالیکه میزان این شاخص در روغن پسماند و آفتابگردان اختلاف معنی‌داری با استانداردهای یاد شده نداشت. همچنین لازم به ذکر است که تصفیه روغن باعث کاهش میزان پراکسید خواهد شد (مینا، ۲۰۱۶).

در فرآیند پالایش و تصفیه روغن کلیه ناخالصی‌ها و ترکیبات مضر به منظور دستیابی به کیفیت بهینه طی مراحل صمغ‌گیری، خنثی‌سازی (شامل بخش‌های خنثی

طیف رنگی آبی تا زرد $b^* =$ شاخص رنگ سبز تا

قرمز $a^* =$ شاخص روشنایی $L^* =$

آنالیز آماری

ابتدا بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One - Way ANOVA) انجام گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS (ورژن ۱۶، ۲۰۰۷) برای آنالیز آماری و از نرم‌افزار Excel 2016 برای رسم نمودارها استفاده گردید. برای مقایسه هریک از شاخص‌های کیفی چربی با استانداردهای تعیین شده از آزمون One sample t-test استفاده شد.

نتایج و بحث

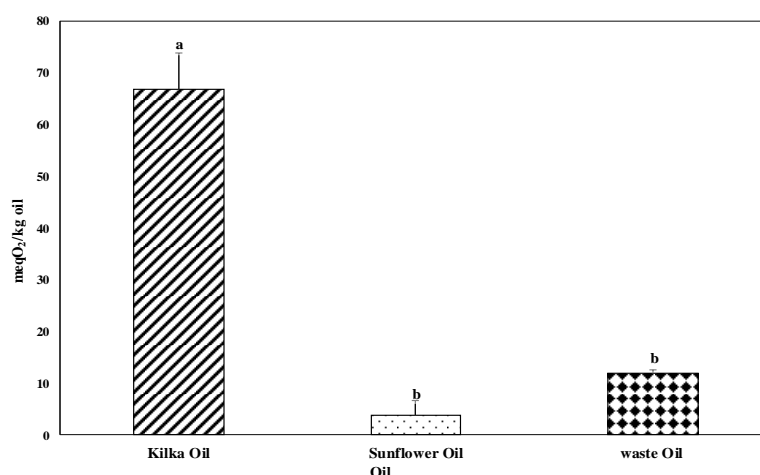
بازده استخراج روغن از پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان

ماهی‌ها براساس درصد چربی به سه گروه کم چربی، متوسط چربی و پرچرب طبقه‌بندی می‌شوند، ماهیانی که دارای چربی کمتر از ۲٪ باشند ماهی کم‌چربی، ۴-۲٪ ماهی متوسط چربی و بیشتر از ۸٪ را ماهیان پرچرب می‌نامند (استراتوا و پنچف ۲۰۲۰). طبق گزارش‌های انجام شده، روش وفایی و همکاران (۱۳۹۶) یکی از بهینه‌ترین روش‌های استخراج روغن از ماهی است. با بهره‌برداری از این روش حداکثر چربی از بافت استحصال خواهد شد. میزان بازده روغن در این تحقیق به کمک این روش ۱۶/۱۶٪ بود که با مطالعه‌ی وفا و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت. همچنین کیفیت ظاهری روغن استخراج شده خوب و دارای شفافیت مطلوب و بدون هیچگونه بوی مشمئز کننده بود. در سایر مطالعات نیز میزان چربی استحصال شده از پسماند بیش از بافت ماهی گزارش شده است (سارتنشهنیزی و همکاران ۲۰۱۹). پسماند امعا و احشا ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بعنوان منبعی سرشار از چربی، پتانسیل تولید روغن را دارا است.

نامناسب آن نسبت داد. وجود عوامل اکسایار مانند رطوبت، نور و دما (موحد و قوامی ۲۰۰۷) نیز منجر به کاهش مضاعف کیفیت روغن کیلکا خواهند شد. مطالعات پیشین نشان داد که روغن ماهی برخلاف روغن‌های گیاهی دارای سطوح بالایی از اسیدهای چرب چند غیر اشباع مانند ایکوزا پنتانوئیک اسید (EPA) و دیکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) می‌باشد که باعث افزایش آسیب پذیری در برابر اکسیداسیون در روغن ماهی می‌شود (رگوست و همکاران ۲۰۰۴). همچنین آنالیز ترکیب اسیدهای چرب آزاد روغن کیلکا نشان داد که این روغن دارای مقادیر بالایی از اسیدهای تک غیر اشباع (MUFA) و به دنبال آن اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) می‌باشد که آن را در برابر اکسیداسیون آسیب پذیر کرده است (گلمکانی و همکاران ۲۰۲۰). با وجود این که روغن آفتابگردان دارای اسید چرب چند غیر اشباع لینوئیک (۶۱٪/۹۳) و اسید چرب تک غیر اشباع اولئیک (۲۶٪/۸۳) و پالمیتیک (۱۰٪/۳۵) و اسید چرب اشباع استئاریک (۳٪/۸۱) است (فرهمندفر و همکاران ۱۳۹۹) و باید دارای میزان پراکسید بالا باشد اما به نظر می‌رسد آنچه باعث کاهش اکسیداسیون در این روغن شده است وجود پاداکسندهی تجاری در این روغن باشد.

سازی، شستشو و خشک کردن)، بی رنگ کردن و بی بو کردن جدا خواهند شد. طی مراحل یاد شده محصولات اولیه فساد چربی از محیط خارج خواهند شد. در این پژوهش، بر روغن استحصال شده از پسماند ماهی هیچ گونه فرآیند پالایش یا تصفیه‌ایی اعمال نگردید. به نظر می‌رسد در صورت صنعتی شدن این فرآیند همگام با اعمال مراحل تصفیه و پالایش، کیفیت محصول از نمونه حاضر نیز برتر خواهد بود. این مهم بخصوص برای مصارف انسانی حائز اهمیت می‌باشد.

در مطالعه‌ای که بر روی روغن هوکی (*Macruronus novaezelandia*) انجام گرفت میزان PV در در ابتدای دوره برابر با ۱ meqO₂/kg oil (کیندلایدس ۲۰۱۲)، در روغن ماهی آنچوی (*Engralis encrasicolus*)، ۲ meq/kg oil (توپوز و همکاران ۲۰۱۵) و در روغن ماهی کیلکا برابر ۱۲ meqO₂/kg oil (محمدی و همکاران ۱۳۹۴). اگرچه میزان این شاخص در روغن آفتابگردان و پسماند ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت اما وجود ترکیبات توکوفرولی روغن آفتابگردان و استفاده از پاداکسنده‌های صنعتی، از افزایش این شاخص طی دوره نگهداری جلوگیری می‌نماید. دلیل بالا بودن شدت اکسیداسیون اولیه در روغن کیلکا می‌تواند به میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع (پژوهانمهر و همکاران ۲۰۱۶)، نگهداری و عمل آوری



شکل ۲- شاخص پراکسید در سه روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

Figure 1- Peroxide index in Kilka oil, sunflower oil and waste oil of rainbow trout

Values are expressed as mean \pm SD. Small letters represent a significant difference between treatments.

تیوباربتوریک اسید (TBA)

TBA شاخصی برای بیان فساد ثانویه در فرایند اکسیداسیون چربی‌ها است. از آنجا که پایین بودن شاخص فساد اولیه نمی‌تواند دلیل بر تضمین کیفیت بالای چربی‌ها باشد (به دلیل بی‌ثباتی و تجزیه پذیری سریع هیدروپراکسیدهای ایجاد شده در مراحل اولیه اکسیداسیون چربی)، لذا باید برای اطمینان بیشتر فساد ثانویه نیز مورد بررسی قرار گیرد (دیبیکا و همکاران ۲۰۱۴). این شاخص به صورت میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید در کیلوگرم نمونه یا میکرومول مالون دی‌آلدهید mg malon dialdehyde/kg oil در گرم نمونه بیان می‌شود که حداکثر میزان مجاز برای استفاده انسانی ۳ میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید بر کیلوگرم می‌باشد (ارسوی و همکاران ۲۰۰۸؛ آل‌کھتانی و همکاران ۱۹۹۶). در این پژوهش مطابق با شکل ۲، میزان TBA در روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به ترتیب، 0.08 ± 0.008 ، 0.07 ± 0.008 و 0.03 ± 0.008 میلی‌گرم مالون دی‌آلدهید بر کیلوگرم روغن بود. نتایج این آزمون نیز دقیقاً مطابق یا شاخص PV بود. بالاترین میزان محصولات ثانویه فساد در روغن کیلکا مشاهده شد در حالیکه میزان TBA روغن آفتابگردان و روغن پسماند اختلاف معنی‌داری نداشت ($P \geq 0.05$). در هر سه روغن میزان TBA پایین‌تر از حد مجاز گزارش شد. در مطالعات دیگر، میزان TBA در روغن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان 0.09 mg malon dialdehyde/ kg oil (اعتمادی و همکاران ۲۰۱۳) و در روغن کلزا 0.05 dialdehyde/ kg oil گزارش شد (آگرگان و همکاران ۲۰۱۷). برخی از پژوهش‌های پیشین گزارش کرده‌اند که شاخص TBA نمی‌تواند به عنوان شاخصی دقیق مورد استناد قرار گیرد (وفا و همکاران، ۱۳۹۷). دلیل این موضوع واکنش مالون دی‌آلدهید با ترکیبات واجد عامل آمین آزاد، بخصوص در روغن‌های تصفیه نشده است. بطور کلی نتایج حاصل از تاثیر روش‌های مختلف استخراج روغن بر میزان TBA نشان داد که، میزان

محصولات ثانویه فساد چربی در روش‌های مختلف استخراج چربی بالای و دایر با استفاده از دی‌کلرومتان، تفاوت معنی‌داری با سایر روش‌های استخراج نداشته است. در صورتی که روش رز - گاتیل نسبت به برخی از روش‌ها (فولج، سوکسله با نمونه خشک شده، سوکسله با نمونه مرطوب و سوکسله با حلال ان هگزان) میزان بیشتری از TBA را نشان داد (وفا و همکاران ۱۳۹۷).

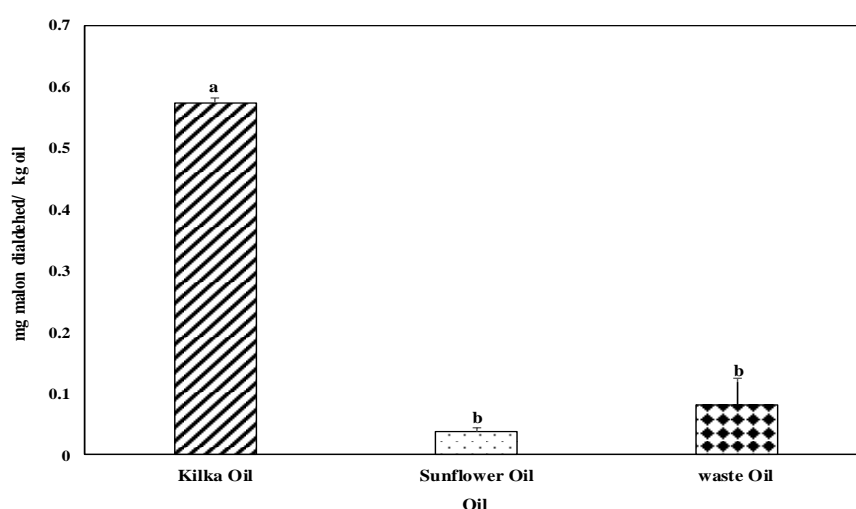
همچنین میزان TBA در روز صفر روغن ماهی آنچوی برابر با 3 mg malondialdehyde/ kg oil بود، که اثر عصاره پوست انار بر اکسیداسیون روغن ماهی آنچوی نشان داد تیمار حاوی 1 ppm عصاره پوست انار، کمترین میزان TBA در پایان دوره نگهداری ۱۲ روزه نشان داد (تویپوز و همکاران ۲۰۱۵). در روغن ماهی کیلکا نیز میزان TBA در روغن حاوی عصاره گیاه بیلهر کاهش یافت (محمدی و همکاران ۱۳۹۴). این نتایج نشان می‌دهد چنانچه در روغن تصفیه نشده از انواع پاداکننده‌های طبیعی و مصنوعی استفاده می‌شد (که احتمال می‌رود در روغن‌های خوراکی موجود در بازار استفاده شود)، نتایج قابل قبولتری حاصل می‌شد. نتایجی مشابهی در خصوص روغن سویا و زیتون تحت تاثیر پاداکننده اسید جنتیسیک گزارش گردید (مردانی قهفرخی و همکاران ۱۳۹۹).

اسیدهای چرب آزاد (FFA)

در اثر هیدرولیز به وسیله‌ی آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز، تری‌گلیسیریدها به اسیدهای چرب آزاد و گلیسرول تبدیل خواهند شد (ذوالفقاری و همکاران ۲۰۱۱). مجموعه عوامل مختلفی از جمله رطوبت، دما و آنزیم‌های هیدرولیز کننده (بخصوص لیپازها)، موجب فساد هیدرولیتیک روغن‌ها و چربی‌ها هستند. حد مجاز اسید-های چرب آزاد ۱-۷ درصد گزارش شده است (سیمت و همکاران ۲۰۱۹؛ بیمبو و همکاران ۱۹۹۸) بر پایه این موضوع میزان اسیدهای چرب آزاد هیچکدام از روغن‌ها فراتر از حد مجاز مصرف نبود (شکل ۴). بر خلاف دو

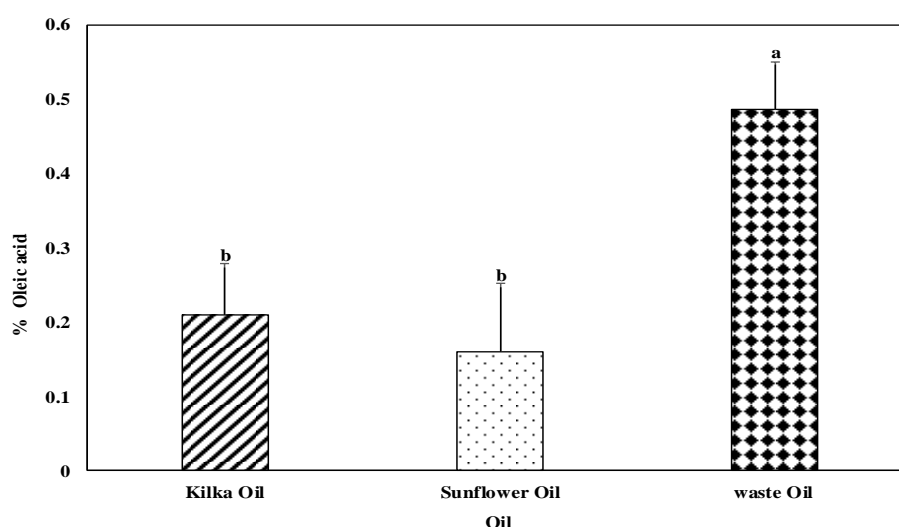
توجه به این مهم که اسیدهای چرب آزاد سریع‌تر از لیپید-های سنگین مولکول، اکسیده می‌شوند لزوم دقت در تصفیه این ترکیبات طی فرآیند تجاری سازی لازم و ضروری است. در پژوهش‌های پیشین میزان اسیدهای چرب آزاد روغن کیلکا حدود ۶ درصد گزارش شد (محمدی و همکاران ۱۳۹۴). در مطالعه علی و همکاران (۲۰۱۶) میزان FFA روغن آفتابگردان برابر با ۰/۱۵ درصد بود.

شاخص پیشین میزان اسیدهای چرب آزاد روغن پسماند به شکل معنی‌داری بیش از دو نمونه دیگر بود. حضور آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز و همچنین pH اسیدی امعا و احشا قزل‌آلا، از مهمترین دلایل افزایش این شاخص در قیاس با سایر نمونه‌ها است. فرآیند پالایش و تصفیه روغن نیز می‌تواند موجب کاهش این شاخص در سایر نمونه‌ها باشد. اگرچه میزان اسیدهای چرب آزاد روغن پسماند، کمتر از حد مجاز مصرف برآورد گردید اما با



شکل ۳- شاخص تیوباربیتوریک اسید در سه روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان.

Figure 2- Thiobarbituric acid index in Kilka oil, sunflower oil and waste oil of rainbow trout. Values are expressed as mean \pm SD. Small letters represent a significant difference between treatments.



شکل ۴- اسیدهای چرب آزاد در سه روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

Figure 3- Free fatty acids in Kilka oil, sunflower oil and waste oil of rainbow trout. Values are expressed as mean \pm SD. Small letters represent a significant difference between treatments.

شاخص رنگ

بررسی رنگ به عنوان شاخصی از تازگی و کیفیت مد نظر بسیاری از محققان بوده است. رنگ محصول طی فرآیندهای اکسیداتیو و هیدرولیتیک بدلیل تولید ترکیبات ناشی از فساد دچار تغییر خواهد شد. از سوی دیگر اهمیت رنگ در مقبولیت محصول برای مصرف کننده غیر قابل انکار است (سبزی پور و همکاران ۲۰۱۸).

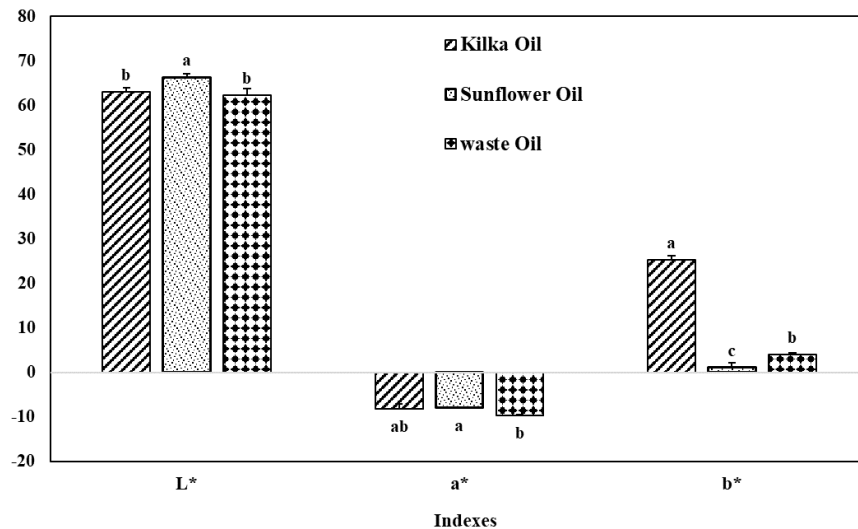
شاخص رنگ L^* بیانگر میزان روشنایی، شاخص رنگ a^* نشان دهنده‌ی طیف رنگی از سبز تا قرمز و شاخص رنگ b^* نشانگر طیف رنگی از آبی تا زرد است، (لونا و استیوز ۲۰۱۹). نتایج مربوط به سنجش شاخص $L^*a^*b^*$ در شکل ۵ نشان می‌دهد که شاخص L^* در روغن کیلکا و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اختلاف معنی‌دار آماری ندارد ($P \geq 0/05$)، اما این شاخص در روغن آفتابگردان $1/03 \pm 66/25$ با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو روغن دیگر بیشتر (روشنایی بیشتر) است. شاخص a^* در روغن پسماند کمتر از روغن آفتابگردان بود. سبزی پور و همکاران (۲۰۱۹) و شعبانپور و همکاران (۲۰۱۵) پیشرفت اکسیداسیون را دلیل بر افزایش این شاخص دانسته‌اند. بر اساس این گزارش‌ها ترکیبات ناشی از اکسیداسیون چربی موجب افزایش قرمزی (a^*) در محصول خواهد شد. شاخص b^* نیز در هر سه روغن دارای اختلاف معنی‌دار بود و در روغن کیلکا $1/39 \pm$

۲۵/۲۶ بیشترین و روغن آفتابگردان $0/10 \pm 1/10$

کمترین میزان گزارش شد.

شکل ۶ نتایج مربوط به شاخص‌های قهوه‌ای شدن، شاخص زردی و سفیدی سه روغن را نشان می‌دهد. شاخص قهوه‌ای شدن در روغن کیلکا با اختلاف معنی‌داری در سطح بالاتری از روغن آفتابگردان و پسماند قزل‌آلای قرار داشت. بطور کلی واکنش‌های اکسیداسیونی، می‌لارد و ترکیبات ناشی از واکنش محصولات ثانویه فساد چربی با مواد واجد عامل آمین آزاد موجب تغییر رنگ و تیره شدن رنگ مواد غذایی خواهند شد (سبزی پور و همکاران ۲۰۱۹). نتایج آزمون‌های پراکساید و تیوباربیتوریک اسید نیز بالاتر بودن فساد شیمیایی در روغن کیلکا را تایید نموده بودند. وجود ترکیبات ناشی از فساد موجب کاهش شفافیت و سفیدی در روغن خواهند شد (سبزی پور و همکاران ۲۰۱۹) به همین دلیل شاخص سفیدی (WI) روغن پسماند و آفتابگردان از روغن کیلکا بیشتر بود ($P < 0/05$).

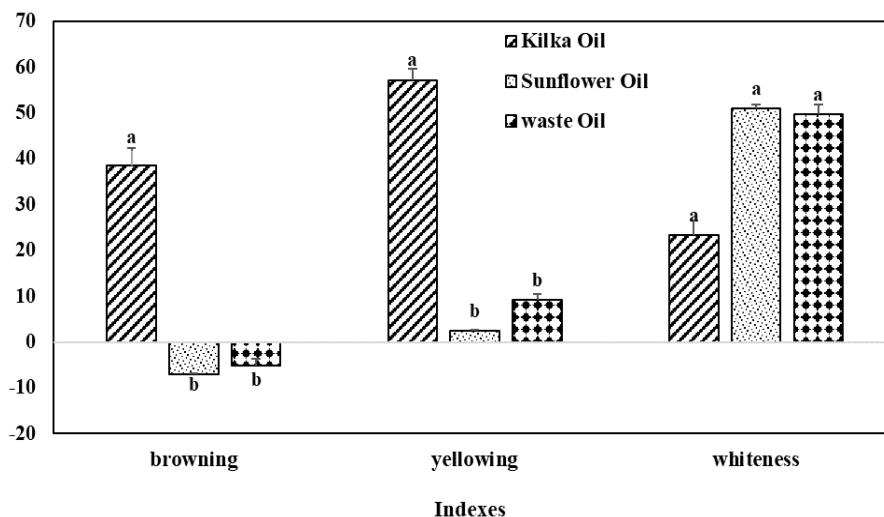
روغن کیلکا به لحاظ قهوه‌ای شدن و زردی در سطح بالاتر (کیفیت نازل‌تر) از دو روغن دیگر قرار داشت. نتایج حاصل از همه‌ی آزمایشات در این مطالعه نشان داد که، با پیشرفت اکسیداسیون در روغن کیلکا و افزایش شاخص‌های TBA، PV و رنگ تحت تاثیر قرار گرفته و شاخص قهوه‌ای شدن و زردی افزایش خواهد یافت.



شکل ۵- شاخص‌های $L^*a^*b^*$ در سه روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

Figure 4- $L^*a^*b^*$ index in Kilka oil, sunflower oil and waste oil of rainbow trout.

Values are expressed as mean \pm SD. Small letters represent a significant difference between treatments.



شکل ۶- شاخص‌های قهوه‌ای شدن، زردی و سفیدی در سه روغن کیلکا، روغن آفتابگردان و روغن پسماند ماهی قزل‌آلای

رنگین‌کمان

Figure 5- Browning, yellowing and whiteness index Kilka oil, sunflower oil and waste oil of rainbow trout.

Values are expressed as mean \pm SD. Small letters represent a significant difference between treatments.

و به طبع حجم بالای زایدات (که خود تهدید زیست محیطی به حساب می‌رود)، روغن این ترکیبات نه تنها می‌بایست در تولید خوراک دام مورد استفاده قرار گیرد بلکه به دلیل کیفیت در خور توجه می‌تواند مورد استفاده انسان نیز باشد. در پژوهش‌های آتی تصفیه روغن پسماند و بهبود شرایط نگهداری با افزودن پاداکسنده‌های طبیعی یا مصنوعی، می‌بایست مد نظر محققین باشد.

نتیجه‌گیری

مقایسه کیفیت سه روغن کیلکا، آفتابگردان و پسماند قزل‌آلای رنگین‌کمان نتایج قابل توجهی در بر داشت. روغن پسماند بدلیل سهولت تامین و کیفیت در خور توجه، می‌تواند بعنوان یک گزینه نو و جدی مد نظر صنایع فرآوری آبزیان قرار گیرد. با توجه به پتانسیل بالای کشور در راستای تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان

تشکر و قدردانی

حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" در قالب طرح حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور" در قالب طرح ۹۷۰۲۴۶۷۷، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایند.

بدین وسیله، نویسندگان از همکاری پرسنل محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه شیراز و حمایت "صندوق

منابع مورد استفاده

- شرافت ف، معتمدزادگان ع و صفری ر، ۱۳۹۱. اثر زمان هیدرولیز ضایعات پس از پخت ماهی تن هوور (*Skipjack tuna*) با آنزیم آلکالاز بر راندمان بازیافت و اندازه مولکولی پروتئین‌های هیدرولیز شده. نوآوری در علوم و فناوری غذایی (علوم و فناوری غذایی)، ۵(۳)، ۴۷-۵۴.
- فرهمندفر ر، رحمتیان م، سلمانی س، ۱۳۹۹. اثر روغن‌های آفتابگردان و سویا بر پروفایل اسید چرب و فیتوسترول‌های (*Olea europaea*) روغن زیتون. علوم و صنایع غذایی، ۱۷(۹۸)، ۸۷-۷۱.
- محمدی ن، اجاق س م و باباخانی لشکان آ، ۱۳۹۴. بررسی پایداری اکسیداتیو روغن ماهی با استفاده از عصاره‌ی هیدروالکی بیلهر (*Dorema aucheri*)، فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی علوم و فنون شیلات، ۴(۱)، ۹۲-۸۳.
- مردانی قهفرخی آ، فرهوش ر و شریف ع، ۱۳۹۹. مکانیسم فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسید جنتیسیک در پایداری اکسیداتیو روغن‌های زیتون و سویا. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۳۰(۱)، ۱۶۶-۱۵۱.
- وفا س، ناصری م و وفایی م، ۱۳۹۷. تأثیر روش‌های مختلف استخراج بر کیفیت و کمیت روغن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). علوم و صنایع غذایی، ۷۴(۱۵)، ۳۱۲-۲۹۹.
- وفایی م، ناصری م و وفا س، ۱۳۹۶. تأثیر شیوه استخراج بر میزان چربی و ترکیب اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه‌ی علمی و پژوهشی علوم و فنون شیلات، ۶(۲)، ۱۴۳-۱۳۱.
- Afshari-Jouybari H and Farahnaky A, 2011. Evaluation of photoshop software potential for food colorimetry. Journal of Food Engineering 106(2): 170-175.
- Agregán R, Munekata PE, Domínguez R, Carballo J, Franco D and Lorenzo JM, 2017. Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil unde. Food Research International 99: 986-994.
- Al-Kahtani HA, Abu-Tarboush HM, Bajaber AS, Atia M, Abou-Arab AA and El-Mojaddidi MA, 1996. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and spanish mackerel. Journal of Food Science 61(4): 729-733.
- Ali S, Chatha SAS, Ali Q, Hussain AI, Hussain SM and Perveen R, 2016. Oxidative stability of cooking oil blend stabilized with leaf extract of *Eucalyptus citriodora*. International Journal of Food Properties 19(7): 1556-1565.
- Asnaashari M, Farhoosh R and Farahmandfar R, 2019. Preservation of gallic acid and methyl gallate on purified Kilka fish oil oxidation by Rancimat. Food Science and Nutrition 7(12): 4007-4013.
- AOCS 2000. Official methods and recommended practices of the American oil chemists' society ,5th ed. USA, AOCS Press. Champaign, Illinois.
- Bimbo AP, 1998. Guidelines for characterizing food-grade fish oils. Inform 9(5): 213-220.
- Bligh EG and Dyer WJ, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 37(8): 911-917.
- Codex Alimentarius Commission. 1993. Report of the fourteenth session of the codex committee on fats and oils, London, 27 September - 1 October 1993, Alinorm 95/17. Rome, FAO/WHO
- Dalbir SP, Roopma G, Ritu K, Vaini G and Shivalika R, 2015. Effect of fish oil substitution with sunflower oil in diet of juvenile *Catla catla* (ham) on growth performance and feed utilization. Journal of Fisheries

- and Livestock Production 3(3):1-3.
- Deepika D, Vegneshwaran VR, Julia P, Sukhinder KC, Sheila T, Heather M and Wade M, 2014. Investigation on oil extraction methods and its influence on omega-3 content from cultured salmon. *Journal of Food Processing and Technology* 5(12): 140-159.
- Egan H, Kirk RS and Sawyer R, 1997. Pp. 609-634. *Pearson's chemical analysis of food*, 9th ed Churchill Livingstone, Edinburgh, UK. 77(5): 68-85.
- Ersoy B, Aksan E and Özeren A, 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). *Food chemistry* 111(2): 377-380.
- Etemadi H, Rezaei M, Abedian KAM and Hosseini SF, 2013. Combined effect of vacuum packaging and sodium acetate dip treatment on shelf life extension of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15 (5): 929-939.
- Fazel M, Sahari MA and Barzegar M, 2008. Determination of main tea seed oil antioxidants and their effects on common kilka oil. *International Food Research Journal* 15(1): 209-217.
- Fiori L, Solana M, Tosi, P, Manfrini M, Strim C and Guella G, 2012. Lipid profiles of oil from trout (*Oncorhynchus mykiss*) heads, spines and viscera: Trout by-products as a possible source of omega-3 lipids? *Food Chemistry* 134(2): 1088-1095.
- Ghasemi M, Farahbakhsh A, Farahbakhsh A and Safari AA, 2014. Using submerge fermentation method to production of extracellular lipase by *Aspergillus niger*. *Journal of Bioengineering and Life Sciences* 8(9): 973-976.
- Ghaly A, Ramakrishnan V, Brooks M, Budge S and Dave D. 2013. Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: a critical review. *Journal of Microbial & Biochemical Technology* 5(4): 107-129.
- Golmakani MT, Niakousari M, Keramat M and Khosravi H. 2020. Protection of polyunsaturated fatty acids of fish oil from common Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) using holy basil (*Ocimum sanctum*) essential oil. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19(1): 217-233.
- Hao S, Wei Y, Li L, Yang X, Cen J, Huang H, and Yuan X, 2015. The effects of different extraction methods on composition and storage stability of sturgeon oil. *Food Chemistry* 173: 274-282.
- Kindleysides S, Quek SY and Miller MR, 2012. Inhibition of fish oil oxidation and the radical scavenging activity of New Zealand seaweed extracts. *Food Chemistry* 133(4): 1624-1631.
- Luna C and Estévez M, 2019. CEFormation of allysine in β -lactoglobulin and myofibrillar proteins by glyoxal and methylglyoxal: Impact on water-holding capacity and in vitro digestibility. *Food Chemistry* 27(1): 87-93.
- Movahed S and Ghavami M, 2007. Comparative and identification of fatty acid composition of Iranian and importing grape seed oil. *Pajouhesh and Sazandegi*. 15(3): 121-139.
- Maina LW, 2016. Rapid identification of edible oils manufactured in Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi). 1-146.
- Namulema A, Muyonga JH and Kaaya AN, 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C. *Food Research International* 32(2): 151-156.
- Pazhouhanmehr S, Farhoosh R, Esmailzadeh KR and Sharif A, 2016. Oxidative stability of purified common kilka (*Clupeonella cultiventris Caspia*) triacylglycerols as affected by the bene kernel and hull oils and their unsaponifiable matters. *Iranian Food Science and Technology Research Journal* 12(2): 239-242.
- Pirestani S, Sahari MA, Barzegar M and Nikoopour H, 2010. Lipid, cholesterol and fatty acid profile of some commercially important fish species from south Caspian Sea. *Journal of food biochemistry* 34(4): 886-895.
- Ramakrishnan VV, Ghaly AE, Brooks MS, Budge SM, 2013. Extraction of oil from mackerel fish processing waste using alcalase enzyme. *Enzyme Engineering* 2(2): 1-10.
- Regost C, Jakobsen JV and Rørå AMB, 2004. Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Research International* 37(3): 259-271.
- Sabzipour F, Naseri M, Babaei S, and Imani A, 2019. Effect of various postmortem processing times and

- blanching methods on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) waste oil. Food Science and Nutrition 7(9): 3093-3102.
- Sarteshnizi RA, Sahari MA, Gavlighi HA, Regenstein JM and Nikoo M, 2019. Antioxidant activity of Sind sardine hydrolysates with pistachio green hull (PGH) extracts. Food bioscience 27(9): 37–45.
- Shabanpour B, Asghari M, Heydari S, Bae H, Ghorbani A, and Jafar A, 2015. Comparing of qualitative changes among the carps culturing in a pond, an under controlled place and marine carp during refrigeration. Journal of Animal Sciences 28(4): 466–480.
- Šimat V, Vlahović J, Soldo B, Skroza D, Ljubenkov I and Generalić Mekinić I, 2019. Production and refinement of omega-3 rich oils from processing by-products of farmed fish species. Foods 8(4): 1-14.
- Strateva M and Penchev G, 2020. Review histological, physicochemical and microbiological changes in fresh and frozen/ thawed fish. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine 18(1): 69–80.
- Tocher D R, 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Reviews in Fisheries Science 11(2): 107–184.
- Topuz OK, Yerlikaya P and Uçak İ, 2015. Influence of pomegranate peel (*Punica granatum*) extract on lipid oxidation in anchovy fish oil under heat accelerated conditions. Journal of Food Science and Technology 52: 625–632.
- Uçak İ, Özogul Y and Durmuş M, 2011. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. International Journal of Food Science and Technology 46(6): 1157–1163.
- Zolfaghari M, Shabanpour B and Falahzadeh S, 2011. Study of trend of chemical and microbial changes of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) to determine the its optimum shelf-Life during storage in refrigerator temperature. Journal of Fisheries 64 (2): 107-119

Journal of Food Researches/vol.31 No.2 2021/pp 117-131
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>
DOI: 10.22034/FR.2021.39378.1732

Evaluation of qualitative indicators of oil of rainbow trout waste and compared to common oils (sunflower oil and Kilka oil) in aquatic feed and human food

F Vardizadeh¹, S Babaei^{2*}, Z Mousavi¹ and M Naseri³

Received: April 20, 2020 Accepted: September 6, 2020

¹MSc Student, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

²Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

³Associate Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: Babaei.Sedigheh@gmail.com, S-babaei@shirazu.ac.ir

Introduction: The rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* is one of the most desirable farmed fish. The aquaculture of this fish is 811 thousand tons (FAO 2019), and about 167 thousand tons in Iran (statistics of the Fisheries Organization of Iran, 1397) which has led to the production of a large volume of waste. Fish waste includes head, skin, tail, fins, intestines, and intestines that have been shown to have oil extraction potential (Ramakrishnan et al., 2013). Fish oil is a rich source of omega-3 fatty acids, especially docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), which are recommended for the possible treatment of many diseases and disorders, especially cardiovascular disease (Yue et al., 2008; Asnaashari et al., 2019). Because polyunsaturated fatty acids are not produced in the body, they must be supplied through food (Hao et al., 2015). Therefore, the use of fish oil in food and animal feed are necessary. Kilka oil is also a by-product of fish powder companies and is used in fish and poultry feedstuff (Ghasemi et al., 2014). Kika oil is a by-product of fish powder factories. Despite its high price and nutritional value, Kilka oil is very sensitive to oxidation due to its abundance of unsaturated fatty acids (Pirestani et al. 2010; Fazel et al. 2008). Due to the above, many efforts have been made to replace fish oil with other oils. Sunflower oil is one of the most common oils for human consumption. Due to the combination of fatty acids, sunflower oil has used for fish oil substitution (Dalbier et al. 2015). Previous studies have shown that rainbow trout oil has a considerable value due to its taste and color, availability and low pollution. On the other hand, due to the expansion of aquaculture products and processing industries, the oil extracted from this source will have a reasonable price. In this study, an attempt is made to compare the quality of rainbow trout waste oil with sunflower and Kilka. If the quality of the waste oil is equal to any of the mentioned oils, its use for human consumption or animal feed will be recommended.

Material and Methods: In this study, Kilka oil was prepared from Qarahboron sturgeon farm (Mazandaran-Sari) and sunflower oil was purchased from a food store. The residual oil of rainbow trout was extracted by solvent according to Vafaei et al. (1396). In brief, about 100 g of fish waste was homogenized in a mixture of 400 ml chloroform and %2 methanol. The mixture was filtered via a filter paper and solvent was removed using rotary evaporator (Vacuum Rotary, Fara-Azma, Iran) at 40 °C and kept refrigerated until analyses in a dark screw topped bottle. Peroxide value (PV) was determined according to AOCS (Cd 8-53), in which PV is reported as milliequivalents of active oxygen per kg oil (AOCS, 1995). Free fatty acids (FFAs) content was assessed following AOCS (Ca 5a - 406) (AOCS, 1995) and expressed as percent of oleic acid. Anisidine value (AV) was determined using AOCS (Cd 18-90) (AOCS, 1995). Color properties of the extracted oil was evaluated in a smart colorimeter (ATEBA, MAT 2000, Shiraz, Iran) based on Lab system, in which L* denotes lightness,

a* was the representative of redness or greenness and b* indicated yellowness or blueness of the oil. The color index L* ranges from zero to 100 and a* and b* are values ranging from -20 to + 120. 9 points were randomly selected and the L*, a*, and b* were recorded.

Results and discussion: Fish are classified into three groups based on their fat: low-fat, medium-fat, and high-fat fish (Strateva and Penchev 2020). According to studies, the yield of oil extraction in this was % 16.16, which was consistent with the study of Vafa et al. (1397). Therefore, the residual waste of rainbow trout, as a high-fat fish, have a significant amount of oil that can be extracted and used for food and feed. The permissible limit of PV for refined edible oils consumed by humans is less than 5 and unrefined oils less than 10 (meqO₂/kg oil) have been reported (Codex, 1993). The significant difference in PV in different treatments with the standards was analyzed by One-sample t-test. Based on the results of the analysis, the amount of PV in Kilka oil was more than the standards for human and animal consumption, while they were lower in waste oil and sunflower (Fig. 1). In the process of refining the oil, all impurities and harmful compounds will be separated during neutralization, discoloration, and deodorization in order to achieve optimal quality. In this study, no purification process was applied to the oil extracted from fish waste. It seems that if this process is industrialized, along with the application of refining and purification processes, the quality of the product will be superior to the present sample. The results of TBA was the same as the PV index. In all three oils, TBA levels were lower than standard. Unlike the previous two indices, the amount of FFAs in waste oil was significantly higher than the other two samples. The presence of lipase and phospholipase enzymes is one of the most important reasons for the increase of FFAs. The process of refining oil will reduce the FFAs index in waste oil.

Figure 5 shows the results for the browning, yellowness and whiteness index of oils. The index of browning in Kilka oil was significantly higher than sunflower oil and waste oil. Oxidation reactions, Maillard, and compounds resulting from the reaction of secondary products of fat spoilage with free amines will cause discoloration and darkening of the food color (Sabzipour et al., 2019). The results of peroxide and thiobarbituric acid tests also confirmed that in Kilka oil.

Conclusion: Comparison of the quality of the Kilka oil, sunflower oil and rainbow trout waste oil had interesting results. Waste oil can be considered as a new and serious option for aquaculture industries due to its ease of extracting and remarkable quality. Due to the high potential of the country in order to rainbow trout aquaculture and consequently the high volume of waste (which is considered an environmental threat), the waste oil could not only be used in animal feed but also could be used in human's food.

Key words: Oil oxidation, Fish oil, Oxidative deterioration, Rainbow trout