

## تأثیر سرخ کردن عمیق با روغن‌های گیاهی بر میزان فلزات سنگین، مواد معدنی و ویتامین‌های فیله‌های ماهی *Ctenopharyngodon idella* آمور

سارا گل گلی پورا<sup>۱</sup>، آی ناز خدانظری<sup>۱\*</sup>، کمال غانمی<sup>۲</sup>

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان

۲- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۰

### چکیده

در مطالعه حاضر، تأثیر سرخ کردن عمیق با روغن‌های گیاهی بر میزان فلزات سنگین، مواد معدنی و ویتامین‌های ماهی آمور مورد مطالعه قرار گرفت. روغن‌های گیاهی مختلف (روغن زیتون، روغن هسته انگور و روغن ذرت) برای سرخ کردن عمیق فیله‌های ماهی آمور استفاده گردید. فیله‌های سرخ شده بیشترین میزان سرب را داشتند. میزان کروم و نیکل در فیله ماهی آمور سرخ شده کاهش معنی‌داری را نشان ندادند. غلظت کبالت و کادمیوم در تیمارهای خام و سرخ شده زیر محدوده‌ی تشخیص می‌باشد. مقدار سدیم در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون بیشتر از سایر تیمارها بود. مقدار پتاسیم فیله‌های سرخ شده در مقایسه با فیله‌های خام کاهش یافتند. میزان کلسیم و آهن فیله‌های نمونه خام و سرخ شده تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. مقدار منیزیم در فیله سرخ شده با روغن هسته انگور و مقدار منگنز، مس و روی در فیله سرخ شده با روغن زیتون کاهش یافته‌اند ( $P < 0.05$ ). مقدار ویتامین A در فیله‌های سرخ شده افزایش یافت. میزان ویتامین D در نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. مقدار ویتامین B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub> در فیله‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی کاهش معنی‌داری داشتند ( $P < 0.05$ ). بررسی خواص کیفی نشان داد که روغن ذرت بهترین روش سرخ کردن عمیق می‌باشد.

واژگان کلیدی: ماهی آمور، سرخ کردن عمیق، روغن گیاهی، خصوصیات کیفی

## مقدمه

ارزش غذایی مصرف ماهی به دلیل وجود پروتئین با ارزش زیستی بالا، مواد معدنی (کلسیم، آهن، مس، روی، سدیم و غیره)، ویتامین‌ها (از جمله ویتامین‌های محلول در آب مانند: ویتامین‌های گروه B و ویتامین‌های محلول در چربی مانند: A، D و غیره)، اسیدهای چرب غیراشباع ضروری مخصوصاً EPA و DHA در بافت ماهی می‌باشد (Sidhu et al. 2003). در برخی کشورها، ماهی به صورت خام مصرف می‌گردد. اما معمولاً از طریق روش‌های مختلف از قبیل پخت، قبل از مصرف مورد فرآوری قرار می‌گیرد. از طرف دیگر گوشت قرمز و ماهی پخته شده دارای قابلیت هضم مواد مغذی بیشتری در مقایسه با نمونه خام هستند. حرارت دهی (آب‌پز، بخارپز، سرخ کردن، مایکروویو و غیره) مورد استفاده در غذا جهت افزایش طعم، مزه و غیرفعال نمودن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و افزایش ماندگاری محصول مؤثر می‌باشد (Ersoy and Özeren, 2009). هرچند که استفاده از حرارت می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند کاهش ارزش تغذیه‌ای گردد. بیشترین تغییرات مسائل کیفی در تولیدات ماهی پخته شده در ارتباط مستقیم با کیفیت ماده‌ی خام اولیه است (Rodriguez et al. 2008). سرخ کردن یکی از روش‌های متداول و معمول جهت آماده‌سازی مواد غذایی می‌باشد که با انتقال گرما همراه است. حرارت دهی قطعات گوشت منجر به ایجاد تغییرات گسترده در ظاهر و خصوصیات فیزیکی آن از دیدگاه مصرف‌کننده می‌شود و این تغییرات به زمان و درجه حرارت فرآیند به کار رفته بستگی دارند.

آلودگی محیط‌های آبی با فلزات سنگین به عنوان یکی از مسائل جدی در چند سال اخیر مطرح است. فلزات سنگین در غلظت‌های بالا به دلیل سمیت و تجمع در بافت برای تمام موجودات زنده بسیار خطرناک می‌باشند (Emami Khansari et al. 2005). امروزه وجود عناصر سنگین و سمی در آب‌ها، مهم‌ترین عامل زیان‌بار برای آبزیان محسوب می‌شود. از آنجایی که این موجودات در بخش‌های مختلف زنجیره‌های غذایی قرار می‌گیرند، منجر به تجمع بیشتر فلزات در حلقه‌های بالاتر زنجیره‌های غذایی می‌شوند و از طرفی تغذیه‌ی انسان از چنین موجوداتی باعث انتقال غلظت‌های بالایی از فلزات سنگین به بافت‌های مختلف بدن آن می‌شود (Yilmaz

et al. 2007). بنابراین تعیین غلظت فلزات سنگین در ماهیان به منظور ارزیابی ریسک خطر مصرف ماهی در سلامت انسان دارای اهمیت می‌باشند (Ersoy and Özeren, 2009). مطالعات بسیاری جهت تعیین میزان فلزات سنگین در عضله ماهیان پخته شده انجام شده است (Atta et al. 1997; Ersoy et al. 2006; Ersoy and Özeren, 2009; Kalogeropoulos et al. 2012).

ویتامین‌ها ترکیبات آلی هستند که برای رشد، تولیدمثل و پایداری فعالیت‌های طبیعی بدن ضروری می‌باشند. ویتامین A<sup>۱</sup>، D<sup>۲</sup>، جزء ویتامین‌های محلول در چربی هستند. گوشت ماهیان بدون چربی دارای حدود ۵۰-۲۵ واحد بین‌المللی ویتامین A می‌باشد. در حالی که در ماهیان چرب این مقدار بین ۱۰۰ تا ۱۵۰۰ واحد بین‌المللی در هر ۱۰۰ گرم گوشت متغیر است. به علاوه، ماهیان چرب دارای مقادیر قابل توجهی ویتامین D نیز هستند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). ویتامین‌های گروه B جزء ویتامین‌های محلول در آب می‌باشند. کمبود ویتامین B<sup>۳</sup> در انسان باعث بیماری بری بری<sup>۴</sup> می‌شود. فقدان ویتامین B<sup>۵</sup> در رژیم غذایی باعث بیماری پلاگر<sup>۶</sup> می‌گردد. گوشت ماهی نسبت به گوشت گاو ویتامین B<sub>۱</sub> کمتری دارد اما در مقابل منبع خوبی از ویتامین B<sub>۳</sub> می‌باشد. ویتامین B<sub>۱</sub> در برابر حرارت نسبت به دیگر ویتامین‌های گروه B حساس‌تر است؛ در حالی که ویتامین B<sub>۳</sub> در برابر حرارت مقاومت بالایی دارد (Ersoy and Özeren, 2009; Erkan et al. 2010). مقدار ویتامین‌های محلول در آب در غذاهای دریایی نسبتاً محدود است. میانگین مقدار ویتامین B<sub>۱</sub> اندازه‌گیری شده در ۱۵۵ نمونه از ماهیان مختلف بین ۳۸۸-۴ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم بوده است. B<sub>۱</sub>، ریبوفلاوین و نیاسین در عضلات اکثر حیوانات از جمله ماهی به مقدار زیادی وجود دارند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). در طی پخت، ویتامین‌های موجود در مواد غذایی کاهش می‌یابد (Kumar and Aalbersberg, 2006). ویتامین‌های

<sup>۱</sup> Retinol

<sup>۲</sup> Calciferol

<sup>۳</sup> Thiamine

<sup>۴</sup> Beriberi

<sup>۵</sup> Niacin

<sup>۶</sup> Pellagra

میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و بالا رفتن زمان ماندگاری ماهی شود (Bognar et al. 1998). از میان روش‌های مختلف پخت، سرخ کردن به دلیل خصوصیت جذاب بودن بو و طعم در بین مصرف‌کنندگان از طرفدارترین روش‌هاست (Sioen et al. 2006). این تحقیق با هدف مقایسه تأثیرات سرخ کردن با روغن‌های متفاوت بر ویتامین‌ها، مواد معدنی و فلزات سنگین ماهی آمور انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

### ماهی و شرایط آماده‌سازی نمونه‌ها

ماهی آمور از مزرعه پرورش ماهیان گرمابی شهرستان خرمشهر خریداری شد. بلافاصله در مجاورت یخ به محل فرآوری (آزمایشگاه شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر) منتقل شد. پس از شستشو و سر زنی و دم زنی، حفره شکمی تخلیه شد. فیله ماهی طبق روش AOAC ۹۷۶/۱۶ (دستورالعمل پخت غذاهای دریایی) پخته شدند (Larsen et al. 2010). بخشی از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) مورد آنالیز قرار گرفتند. نمونه‌های فیله‌های ماهی را در سبد سیمی توری شکل قرار داده و سپس در سرخ‌کن حاوی روغن با دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند تا ماهی سرخ شد. پس از سرخ کردن سبد را تکان داده و نمونه‌ها روی حوله جذب قرار داده شدند. برای این روش سرخ کردن از روغن زیتون، روغن هسته انگور و روغن ذرت استفاده شد. برای هر روش سرخ کردن سه تکرار وجود داشت. بعد از اتمام فرآیند پخت، نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شدند و سپس پوست و استخوان از فیله پخته شده جدا گردید. تمام نمونه‌های سرخ شده یا روغن‌های مختلف گیاهی با استفاده از همزن آشپزخانه همگن شدند.

### اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین و مواد معدنی

سنجش فلزات سنگین (کبالت، نیکل، کروم، سرب و کادمیوم) طبق روش AOAC (1999) با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای BC Savant AA ساخت کشور استرالیا انجام گردید. ۱۵ گرم نمونه خشک شده در کوره قرار گرفت. دمای کوره به تدریج تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد افزایش داده و به مدت ۸ ساعت در این دما نگهداری شد. نمونه‌های خاکستر با آب مقطر مجدداً

محلول در چربی در مقایسه با ویتامین‌های محلول در آب نسبت به حرارت حساسیت کمتری دارند. اما در حضور اکسیژن در درجه حرارت بالا تخریب می‌شوند. بنابراین روش پخت نقش مهمی بر میزان نهایی ویتامین‌های بدن ماهیان دارد (Badiani et al. 2013).

مواد معدنی یا خاکستر تقریباً ۰/۵ تا ۱/۵ درصد وزن قسمت خوراکی بدن ماهیان را شامل می‌شوند. در رابطه با مواد معدنی باید توجه داشت که گوشت ماهی علاوه بر آن که از نظر املاح معدنی غنی است، به دلیل پایین بودن مقدار سدیم از نظر سلامت مصرف‌کننده نیز کاملاً مناسب است (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). مواد معدنی به دو طبقه درشت مغذی‌ها<sup>۱</sup> و ریزمغذی‌ها<sup>۲</sup> تقسیم می‌شوند. درشت مغذی‌ها شامل: سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و فسفر و ریزمغذی‌ها شامل: آهن، منگنز، روی و مس می‌باشند که برای سلامت بدن انسان ضروری هستند. کلسیم، فسفر و منیزیم در سلامت استخوان نقش دارند. آهن فراوان‌ترین عنصر کمیاب بدن است که جذب ناکافی روزانه این عنصر باعث کم‌خونی می‌شود. منیزیم، منگنز و روی مسئول تنظیم فعالیت چندین آنزیم هستند (Taskaya et al. 2009). در مورد مس به عنوان یک عنصر ضروری می‌توان به نقش آن در آزادسازی آهن، رشد استخوان‌ها، سیستم عصبی مرکزی و بافت پیوندی اشاره نمود (Berlin, 1985). محققان مختلف در مطالعه‌ی خود عنوان کردند که روش‌های مختلف پخت و فرآوری ماهی دارای تأثیر ناچیز یا بی‌تأثیر بر عناصر است (Ackurt, 1991; Gall et al. 1983; Steine-Asiedu et al. 1991). اما Ackurt (۱۹۹۱) گزارش کرد که مقدار مواد معدنی در برخی از نمونه‌های ماهی تحت تأثیر روش‌های پخت قرار می‌گیرد.

ماهی آمور *Ctenopharyngodon idella* از مقبولیت بالایی در تغذیه و مصارف انسانی برخوردار است. صرف‌نظر از ارزان قیمت بودن، پرورشی و در دسترس بودن این گونه در طول سال، لذیذ بودن گوشت این ماهی عامل اصلی رغبت مردم کشور، برای استفاده از آن محسوب می‌شود. در اکثر مناطق جهان ماهی معمولاً به صورت پخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. حرارت باعث افزایش خاصیت طعم و بوی ماهی، غیرفعال شدن

Macroelement<sup>۱</sup>  
Microelements<sup>۲</sup>

دکاتور استفاده شد. سپس، مواد داخل لوله‌ها تحت جریان ملایم نیتروژن تبخیر گردیدند. به باقی مانده ماده خشک ۱ میلی‌لیتر متانول اضافه کرده و فیلتر شد. در نهایت جهت سنجش میزان ویتامین‌های محلول در چربی ۲۰ میکرولیتر از نمونه در دستگاه HPLC تزریق گردید.

### آنالیز آماری

تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه<sup>۱</sup> بررسی شده و نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار بیان شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌های متغیرهای فلزات سنگین، مواد معدنی و ویتامین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار آنالیز آماری SPSS استفاده گردید.

### نتایج و بحث

#### تغییرات فلزات سنگین فیله ماهی خام و نمونه‌های

##### سرخ شده با روغن‌های گیاهی

نتایج آنالیز غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های خام و سرخ شده ماهی آمور در جدول ۱ آورده شده است. میانگین غلظت سرب در نمونه خام ۰/۰۶ میکروگرم بر گرم اندازه‌گیری گردید. طبق این نتایج مشاهده شد که غلظت سرب با سرخ کردن ماهی آمور در روغن‌های گیاهی افزایش می‌یابد. بیشترین میزان سرب در نمونه‌ی سرخ شده با روغن ذرت، ۰/۴۴ میکروگرم بر گرم مشاهده شد. این افزایش در نمونه‌های سرخ شده با روغن زیتون و هسته انگور معنی‌داری نبود ( $P > 0/05$ ). می‌توان افزایش غلظت فلزات را با تغییر در میزان رطوبت بافت ماهی که در طی پخت رخ می‌دهد، توجیه کرد (Ersoy et al. 2006).

غلظت کروم در نمونه‌ی خام ۰/۴۵ میکروگرم بر گرم گزارش شد. با سرخ کردن ماهی آمور میزان کروم کاهش معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ( $P > 0/05$ ). میزان کروم در نمونه سرخ شده با روغن ذرت زیر محدوده تشخیص<sup>۲</sup> است.

غلظت نیکل بین نمونه‌های خام و سرخ شده ماهی آمور تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ( $P > 0/05$ ). میزان

خیس و تا دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت نگهداری شدند. در ادامه فرآیند، جهت حل شدن خاکستر بر روی آن اسید کلریدریک ۶ مولار ریخته و با هات پلیت تبخیر گردید. جهت هضم آن اسید نیتریک ۰/۱ مولار استفاده شد. در ادامه و جهت اندازه‌گیری میزان مواد معدنی (سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز، مس، روی و آهن) موجود در نمونه‌ها، یک میلی‌لیتر از محلول را برداشته و در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر با آب مقطر به حجم رسانده و مجدداً از دستگاه جذب اتمی برای تعیین غلظت مواد معدنی استفاده شد. میزان فسفر نمونه‌های ماهی آمور به وسیله اسپکتروفتومتر بعد از تغییر رنگ در محلول بارتون اندازه‌گیری شد (Uran and Gokoglu, 2014).

#### اندازه‌گیری میزان ویتامین‌ها

##### ویتامین‌های محلول در آب

ویتامین‌های محلول در آب (B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub>) طبق روش Ersoy و Özeren (۲۰۰۹) به وسیله HPLC اندازه‌گیری شدند. شرایط دستگاه HPLC، طول موج ۲۴۵ نانومتر، سرعت جریان ۱ میلی‌متر بر دقیقه، حجم تزریق ۲۰ لیتر، فاز سیال ۱۰۰۰ میلی‌لیتر حلال فسفات و ۳۶۰ میلی‌لیتر متانول، فشار ۱۶۰-۱۵۰ بار و مدت زمان اجرا ۲۲ دقیقه بود.

##### ویتامین‌های محلول در چربی

ویتامین‌های محلول در چربی (D و A) به وسیله دستگاه HPLC مجهز به ستون تحلیلی RP (Eurosphere) KNUAER, mm, 5  $\mu$ m (TM250  $\times$  4.6 Germany) بر اساس مطالعه انجام شده توسط Dobрева و Stancheva در سال ۲۰۱۳ اندازه‌گیری شد. ۲ گرم نمونه‌تر ماهی آمور را با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر هموژن کرده و ۱/۵ میلی‌لیتر از نمونه هموژن شده، را در لوله فالکون قرار داده شد. ۳ میلی‌لیتر محلول متانولیک اسید اسکوربیک و ۷/۵ میلی‌لیتر محلول متانولیک هیدروکسید پتاسیم به لوله فالکون اضافه کرده و جهت صابونی شدن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. بعد از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر n-هگزان به مدت یک دقیقه لوله‌های فالکون روی ورتکس قرار گرفتند. جهت جداسازی فاز آلی از

One- way ANOVA<sup>۱</sup>  
Non detection<sup>۲</sup>

نتایج این گزارش نشان می‌دهد که غلظت کبالت و کادمیوم در تیمارهای خام و سرخ شده زیر محدوده تشخیص می‌باشد. این مطالعه با نتایج Ersoy و همکاران در سال ۲۰۰۶ مطابقت دارد.

نیکل در نمونه سرخ شده با روغن زیتون زیر محدوده تشخیص است. Ersoy و همکاران در سال ۲۰۰۶ طی مطالعه‌ی خود در ماهی سی باس گزارش دادند که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ی خام و پخته شده در غلظت نیکل وجود ندارد.

جدول ۱- تغییرات میزان فلزات سنگین ماهی آمور طی سرخ کردن عمیق با روغن‌های مختلف.

Pb	Cr	Ni	Co	Cd	فلزات سنگین
$0.06 \pm 0.06^b$	$0.45 \pm 0.22$	$0.02 \pm 0.01$	ND	ND*	خام
$0.25 \pm 0.13^{ab}$	$0.05 \pm 0.02$	ND	ND	ND	سرخ شده با روغن زیتون
$0.44 \pm 0.10^a$	ND	$0.02 \pm 0.01$	ND	ND	سرخ شده با روغن ذرت
$0.17 \pm 0.04^{ab}$	$0.28 \pm 0.14$	$0.04 \pm 0.02$	ND	ND	سرخ شده با روغن هسته انگور

اعداد به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار با سه تکرار بیان شده است.

حروف کوچک غیر هم نام نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی است ( $P < 0.05$ ).

\* غیرقابل تشخیص

هسته انگور (۷۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روغن ذرت (۶۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) کمتر از روغن زیتون بود. دامنه تعریف شده FAO برای پتاسیم در اکثر گونه‌های ماهی بین ۵۰۲۰-۱۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Murray and Burt, 2001). در این تحقیق نیز مقدار پتاسیم نمونه‌ها در همین دامنه بود.

مقدار منیزیم در نمونه‌های خام  $144/13$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار منیزیم در روش سرخ کردن عمیق با روغن هسته انگور و روغن زیتون کاهش معنی‌دار داشت ( $P < 0.05$ ).

میزان کلسیم در فیله‌های خام  $224/67$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میزان کلسیم بین نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). نتایج حاضر با نتیجه به دست آمده توسط Badiani و همکاران (۲۰۱۳) مشابه بود. Marimuthu و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که میزان کلسیم ماهی *Channa striatus* بعد از پخت به روش‌های آب‌پز، سرخ کردن، کباب کردن و گریل کردن تغییر معنی‌داری نشان نداد. در مطالعه Gokoglu و همکاران (۲۰۰۴)، مقدار کلسیم در همه روش‌های پخت تغییر معنی‌داری داشت.

#### تغییرات مواد معدنی فیله ماهی خام و نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی

عمل پخت منجر به تغییر در میزان مواد معدنی موجود در مواد غذایی می‌گردد که این تغییرات به مقدار زیادی به روش پخت بستگی دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج مربوط به مقادیر مواد معدنی ماهی آمور خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف در جدول ۲ آمده است. میانگین سدیم در فیله‌های خام ۵۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که با روش سرخ کردن در روغن هسته انگور و ذرت اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0.05$ )؛ که با نتایج مطالعه Marimuthu و همکاران (۲۰۱۲) در ماهی سر ماری راه‌راه (*Channa striatus*) سرخ شده مطابقت دارد. مقدار سدیم در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون ( $724/67$  میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشتر از سایر تیمارها بود. در مطالعات رضایی و همکاران (۱۳۹۲)، Ersoy و Özeren (۲۰۰۹) و همچنین Gokoglu و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش مشابهی در ارتباط با افزایش میزان سدیم بعد از سرخ کردن دادند.

مقدار پتاسیم در فیله‌های خام  $1169/3$  میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار پتاسیم با سرخ کردن ماهی آمور کاهش معنی‌داری یافت. سرخ کردن عمیق در روغن

و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود کاهش مقدار روی را معنی‌دار گزارش دادند.

مقدار آهن در فیله‌های خام ۱۳/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار آهن در نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ).

میزان فسفر در نمونه‌های خام ۲۵۲۳/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار فسفر در نمونه‌های سرخ شده در مقایسه با ماهی خام کاهش معنی‌داری نشان داد.

محققان در مطالعات خود عنوان کردند که روش‌های مختلف پخت و فرآوری ماهی دارای تأثیر ناچیز یا بی‌تأثیر بر عناصر دارند (Gall et al. 1983; Ackurt, 1991; Steine-Asiedu et al. 1991). اما Ackurt (۱۹۹۱)، گزارش کرد که مقدار مواد معدنی در برخی از نمونه‌های ماهی تحت تأثیر روش‌های پخت قرار می‌گیرد. در مطالعه حاضر بین اکثر نمونه‌های خام و سرخ شده به روش‌های مختلف در میزان مواد معدنی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

مقدار منگنز و مس به ترتیب در نمونه‌های خام ۰/۶۶ و ۰/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت و هسته انگور نداشتند ( $P > 0.05$ ). مقدار منگنز و مس در نمونه‌های سرخ شده با روغن زیتون کاهش یافته‌اند. رضایی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که میزان منگنز در ماهی شوریده سرخ شده افزایش معنی‌داری نسبت به نمونه خام داشت، اما در مورد مس افزایش معنی‌دار نبود. مقدار روی در فیله‌های خام ۱۶/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. میزان روی با سرخ کردن به طور معنی‌داری کاهش یافته است. مقدار روی در روش سرخ کردن با روغن زیتون کمتر از دو تیمار سرخ شده دیگر بود. FAO مقدار روی اکثر گونه‌های ماهی را بین ۲۱-۲/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود (Murray and Burt, 2001). دامنه روی در مطالعه حاضر بین ۱۱/۳۶-۱۶/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. Marimuthu و همکاران (۲۰۱۲)، در مطالعه خود بیان کردند که روش‌های مختلف پخت تأثیر معنی‌داری بر میزان روی نداشتند. Gokoglu

جدول ۲- تغییرات مقادیر مواد معدنی ماهی آمور خام و پخت شده به روش‌های مختلف (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

تیمارها	خام	سرخ کردن در روغن زیتون	سرخ کردن در روغن هسته انگور	سرخ کردن در روغن ذرت
Na	۵۵۸/۰۰ ± ۱۲/۷۰ <sup>bc</sup>	۷۲۴/۶۷ ± ۶/۳۵ <sup>a</sup>	۵۰۱/۳۳ ± ۲۴/۸۲ <sup>c</sup>	۵۷۱/۳۳ ± ۲۹/۴۴ <sup>b</sup>
K	۱۱۶۹/۳ ± ۳۰/۸۳ <sup>a</sup>	۹۵۴/۰۰ ± ۴۷/۳۴ <sup>b</sup>	۷۲۴/۰۰ ± ۱۸/۴۷ <sup>c</sup>	۶۵۴/۰۰ ± ۴۵/۰۳ <sup>c</sup>
Mg	۱۴۴/۳۳ ± ۵/۴۸ <sup>a</sup>	۱۳۲/۰۰ ± ۱/۱۵ <sup>b</sup>	۱۲۰/۶۷ ± ۲/۹۰ <sup>c</sup>	۱۳۸/۰۰ ± ۱/۰۵ <sup>ab</sup>
Ca	۲۲۴/۶۷ ± ۸۲/۵۶	۱۲۰/۶۷ ± ۳۱/۷۵	۱۸۶/۰۰ ± ۶/۹۲	۲۵۰/۰۰ ± ۳۱/۱۷
Mn	۰/۶۶ ± ۰/۰۹ <sup>ab</sup>	۰/۴۸ ± ۰/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۶۴ ± ۰/۱۲ <sup>ab</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۱۳ <sup>a</sup>
Cu	۰/۱۰ ± ۰/۰۱ <sup>ab</sup>	۰/۰۶ ± ۰/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۱۳ ± ۰/۰۰ <sup>a</sup>	۰/۱۰ ± ۰/۰۱ <sup>ab</sup>
Zn	۱۶/۴۰ ± ۰/۰۵ <sup>a</sup>	۱۱/۳۶ ± ۰/۱۲ <sup>c</sup>	۱۳/۰۰ ± ۰/۲۱ <sup>b</sup>	۱۳/۲۸ ± ۰/۵۳ <sup>b</sup>
Fe	۱۳/۷۵ ± ۱/۴۴	۱۴/۰۰ ± ۱/۱۵	۱۵/۲۵ ± ۰/۸۶	۲۲/۷۵ ± ۵/۷
P	۲۵۲۳/۲۰ ± ۶۲/۲ <sup>a</sup>	۱۴۹۶/۷۳ ± ۳۴/۲۶ <sup>b</sup>	۱۴۰۲/۸۰ ± ۷۱/۱۲ <sup>b</sup>	۱۴۷۱/۷۱ ± ۴۷/۸ <sup>b</sup>

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار با سه تکرار بیان شده است.

حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی است ( $P < 0.05$ ).

این میان وجود تفاوت‌های فصلی، جغرافیایی و شاید روش آنالیز شیمیایی به کار رفته نیز منجر به بروز تفاوت‌هایی در میزان ویتامین‌ها می‌گردد. از همین رو است که گاهی تفاوت‌هایی در میزان ویتامین نمونه‌های خام یک گونه در

تغییرات میزان ویتامین‌های فیله ماهی خام و نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی به طور کلی میزان ویتامین نمونه‌های غذایی متأثر از نوع تغذیه، سن، جنس، شرایط پرورشی و صید می‌باشد. در

حساسیت کمتری دارند (Badiani et al. 2013). رضایی و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه خود گزارش دادند که اعمال تیمارهای حرارتی سبب شدت تا ویتامین D ماهی شوریده با یک روند کاهشی مواجه باشد. همچنین در ادامه گزارش دادند، به طور کلی استفاده از روش سرخ کردن سبب کاهش معنی‌داری در مقدار ویتامین‌های A و D گردید.

فیله‌های خام دارای بیشترین مقدار ویتامین‌های B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub> به ترتیب ۰/۰۸ و ۲/۰۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بودند. سرخ کردن باعث کاهش معنی‌دار ویتامین‌های B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub> نسبت به نمونه‌های خام شده است. در مطالعات Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) و Ersoy و Özeren (۲۰۰۹)، نیز مقدار ویتامین B<sub>1</sub> در روش‌های مختلف پخت کاهش یافته است. ویتامین B<sub>1</sub> نسبت به دیگر ویتامین‌های گروه B در برابر حرارت مقاومت کمتری دارد (Priestley, 1979). بنابراین دلیل دیگر کاهش ویتامین B<sub>1</sub> در طی پخت به روش‌های مختلف را می‌توان شکست حرارتی آن عنوان کرد (Lynch and Young, 2000). تغییرات میزان رطوبت فیله با تغییرات میزان ویتامین‌های محلول در آب ارتباط مستقیمی دارد (Ersoy and Özeren, 2009). مقدار ویتامین B<sub>3</sub> در فیله‌های خام ۲/۰۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود. مقدار ویتامین B<sub>3</sub> فیله خام طی سرخ کردن با روغن مختلف گیاهی اختلاف معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). ویتامین B<sub>3</sub> در نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های زیتون و ذرت کمترین مقدار بود.

مطالعات متفاوت دیده می‌شود (Kumar and Aalbersberg, 2006). ویتامین‌های A و D جزء ویتامین‌های محلول در چربی می‌باشد که اصولاً جذب، انتقال و ذخیره‌سازی آن‌ها با چربی در ارتباط است. هر چند به نظر می‌رسد مقادیر این ویتامین‌ها ارتباط زیادی با میزان چربی دارد، اما فاکتورهای متعددی از جمله روش آماده‌سازی نمونه‌ها جهت پخت و همچنین روش پخت نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان این ویتامین‌ها دارد (Lund, 1973; Kumar and Aalbersberg, 2006). میزان ویتامین‌های محلول در چربی A و D به شکل گسترده‌ای در بین گونه‌ها متغیر است و میزان این تغییر نیز از تفاوت‌های موجود در ویتامین‌های محلول در چربی بیشتر است (Kumar and Aalbersberg, 2006). ویتامین‌های محلول در چربی ناپایداری حرارتی کمتری در مقایسه با ویتامین‌های محلول در آب دارند اما این ویتامین‌ها نیز در برابر حرارت بالا حساس هستند (Lund, 1973).

جدول ۳ تغییرات ویتامین‌های محلول در چربی A و D و ویتامین‌های محلول در آب B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub> را نشان می‌دهد. مقدار ویتامین A در فیله‌های ماهی خام ۰/۵۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود. با توجه به نتایج به دست آمده مقدار ویتامین A در فیله‌های سرخ شده بیشتر بود. میزان ویتامین D در نمونه‌های خام ۰/۰۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود. میزان ویتامین D در نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). ویتامین‌های محلول در چربی در برابر حرارت

جدول ۳- میزان تغییرات ویتامین‌های محلول در چربی و آب ماهی آمور خام و پخته شده با روش‌های مختلف (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم).

ویتامین‌ها	A (رتینول)	D (کلسیفرول)	B <sub>1</sub> (تیامین)	B <sub>3</sub> (نیاسین)	تیمارها
	۰/۵۵ ± ۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۰۴ ± ۰/۰۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۰ <sup>a</sup>	۲/۰۸ ± ۰/۰۸ <sup>a</sup>	خام
	۰/۸۰ ± ۰/۱۲ <sup>ab</sup>	۰/۰۵ ± ۰/۰۴	۰/۰۵ ± ۰/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۶۳ ± ۰/۰۸ <sup>c</sup>	سرخ کردن با روغن زیتون
	۰/۹۰ ± ۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۰۴ ± ۰/۰۲	۰/۰۳ ± ۰/۰۰ <sup>bc</sup>	۱/۲۵ ± ۰/۱۴ <sup>b</sup>	سرخ کردن با روغن هسته انگور
	۱/۰۶ ± ۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۰۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۰ <sup>c</sup>	۰/۸۹ ± ۰/۰۲ <sup>c</sup>	سرخ کردن با روغن ذرت

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار با سه تکرار بیان شده است.

حروف کوچک غیر هم نام نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵).

ویتامین D فیله خام و پخته شده تفاوت معنی‌داری نداشتند. مقدار ویتامین A فیله خام طی سرخ کردن افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از نظر مقدار فلزات سنگین و ویتامین‌های محلول در آب و محلول در چربی، تفاوتی بین فیله خام و سرخ شده وجود ندارد. مقایسه میزان مواد معدنی بین فیله خام و سرخ شده نشان داد که استفاده از روغن هسته انگور و روغن ذرت جهت سرخ کردن فیله امور مناسب می‌باشد.

## نتیجه‌گیری نهایی

مطالعه حاضر نشان داد که میزان فلزات سنگین در فیله‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی مختلف (روغن زیتون، روغن هسته انگور و روغن ذرت) در مقایسه با فیله خام تفاوت معنی‌داری نشان نداده است. میزان مواد معدنی (Na، K، Mg، Mn، Cu، Zn و P) فیله‌های سرخ شده با روغن‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان دادند. میزان ویتامین B<sub>1</sub> و B<sub>3</sub> در فیله‌های سرخ شده در مقایسه با فیله خام کاهش معنی‌داری نشان دادند. میزان

## منابع

- رضوی شیرازی، ح. ۱۳۸۰. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی. انتشارات نقش مهر. ۲۹۲ ص.
- رضوی شیرازی، ح. ۱۳۸۶. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی. انتشارات نقش مهر. ۳۲۵ ص.
- Ackurt, F. 1991. Nutrient retention during preparation and cooking of meat and fish by traditional methods. *Gida Sanayii* 20: 58-66.
- AOAC. 1999. Official Method 999.11, Determination of lead, cadmium, copper, iron and zinc in foods.
- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. 13th edn. Washington DC, USA, 1094.
- Badiani, A., Stipa, S., Bitossi, F., Pirini, M., Bonaldo, A., Gatta, P.P., Testi, S. 2013. True retention of nutrients upon household cooking of farmed portion-size European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *LWT-Food Science and Technology* 50: 72-77.
- Berlin, M. 1985. Handbook of the Toxicology of Metals. Elsevier, London, 376-405.
- Bognar, A. 1998. Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *Grasasy Aceites* 49: 250-260.
- Emami Khansari, F., Ghazi-Khansari, M., Abdollahi, M. 2005. Heavy metals content of canned tuna fish. *Food Chemistry* 93: 293-296.
- Erkan, N., Selçuk, A., Özden, Ö. 2010. Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Methods* 3: 269-275.
- Ersoy, B., Özeren, A. 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry* 115: 419-422.
- Ersoy, B., Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Çelik, M. 2006. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). *Food Chemistry* 99: 748-751.
- Gall, K.L., Otwell, W.S., Koburgier, J.A., Appledorf, H. 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science* 48: 1068-1074.
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Cengiz, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* 84: 19-22.
- Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Khosroshahi, N.K., Babakhani, A. 2014. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum



- roach (*Rutilus frisii kutum*). Food Chemistry 148: 86-91.
- Immanuel, G., Sathasivan, S., Shankar, V.S., Peter, M.P., Palavesam, A. 2009. Processing and characterization of low cost Balistid fish *Sufflamen capistratus* liver oil for edible purpose. Food Chemistry 115: 430-435.
- Kumar, S., Aalbersberg, B. 2006. Nutrient retention in Foods after earth-oven cooking compared to other forms of domestic cooking: 2. Vitamins. Journal of Food Composition and Analysis 19: 311-320.
- Lund, D.B. 1973. Effects of heat processing. Food Technology 27: 16-18.
- Lynch, P.L.M., Young, I.S. 2000. Determination of thiamine by high performance liquid chromatography. Journal of Chromatography 881: 267-284.
- Marimuthu, K., Thilaga, M., Kathiresan, S., Xavier, R., Mas, R.H.M.H. 2012. Effect of different cooking methods on proximate and mineral composition of striped snakehead fish (*Channa striatus*, Bloch). Journal of Food Science and Technology 49: 373-377.
- Murray, J., Burt, J.R. 2001. The Composition of Fish. FAO in partnership with Support unit for International Fisheries and Aquatic Research, SIFAR, No. 38.
- Priestley, R.J. 1979. Effects of heating on food stuffs. International Journal of Dairy Technology 32: 165.
- Rodríguez, A., Carriles, N., Cruz, J.M., 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: 1726-1732.
- Sidhu, K.S. 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. Regulatory toxicology and pharmacology 38: 336-344.
- Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S., Van Camp, J. 2006. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. Food Chemistry 98: 609-617.
- Stancheva, M., Dobрева, D.A. 2013. Bulgarian marine and freshwater fishes as a source of fat- soluble vitamin for a healthy human diet. Foods 2: 332-337.
- Steiner-Asiedu, M., Julshamn, K., Lie, O. 1991. Effect of local processing methods (cooking, frying and smoking) on three fish species from Ghana: Part I. Proximate composition, fatty acids, minerals, trace elements and vitamins. Food Chemistry 40: 309-321.
- Taskaya, L., Chen, Y.C., Beamer, S., Tou, J.C., Jaczynski, J. 2009. Compositional characteristics of materials recovered from whole gutted silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) using isoelectric solubilization/precipitation. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 4259-4266.
- Uran, H., Gokoglu, N. 2014. Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). Journal of Food Science and Technology 51: 722-728.
- Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A., Tuna, A.L. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. Food Chemistry 100: 830-835.

## Effect of deep-frying with plant oil on heavy metal, mineral and vitamins contents of grass carp *Ctenopharyngodon idella* fillets

Sara Gol Golipour<sup>1</sup>, Ainaz Khodanazary<sup>1\*</sup>, Kamal Ghanemi<sup>2</sup>

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran

2- Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran

Received 30 December 2016; accepted 31 May 2017

### Abstract

In the present study, the influence of deep-frying with plant oil on the amount of heavy metals, minerals and vitamins grass carp were studied. Different plant oils (corn oil, grape seed oil and olive oil) were used for deep-frying of grass carp fillets. Fried fillets had higher pb content. Cr and Ni contents of fried grass carp fillet decreased significantly. Co and Cd contents in raw and fried treatments were below the limits of detection. Na content of fried fillets with olive oil was higher than the other treatments. K content of fried fillets decreased in comparison with raw fillet. There was no significant difference in the Ca and Fe contents of fillet between raw and fried samples. Mg content in fried fillet with grape seed oil and Mn, Cu and Zn contents in dried fillet with olive oil decreased ( $P<0.05$ ). Vitamin A content in fried fillets increased. Vitamin D content in different samples of raw and fried in oil did not show significant differences. Vitamin B<sub>1</sub> and B<sub>3</sub> contents in the fried fillets in plant oil decreased significantly ( $P<0.05$ ). Considering the quality properties showed that corn oil is the best deep-frying.

**Keywords:** Grass carp, Deep-frying, Plant oil, Quality properties

\*Corresponding author: khodanazary@yahoo.com