[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

تاثیر سرخ کردن فیله هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) با روغن‌های مختلف گیاهی (روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور) بر پروفایل اسید چرب، مواد معدنی و ویتامین‌ها

زهرا مومن زاده[۱]، آی ناز خدانظری*[۱]، کمال غانمی[۳]

*khodanazary@yahoo.com

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۲-گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

چکیده

هدف این مطالعه شناسایی و تعیین مقدار پروفایل اسید چرب، مواد معدنی و ویتامین های هامور معمولی بود که به طور عمیق در روغن-های گیاهی مختلف (روغن زیتون، روغن هسته انگور و روغن ذرت) سرخ شدند. بیشترین و کمترین مقادیر اسیدهای چرب به ترتیب مربوط به اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب چند غیر اشباع بودند. مقدار امگا-۶ (n-6) فیله ماهی هامور با سرخ کردن در روغن زیتون، هسته انگور و ذرت بترتیب ۷/۰۸، ۲۴/۳۰ و ۴۱/۵۹ درصد افزایش یافت (p<۰/۰۵). مقدار امگا-۳ (n-3) نمونه ماهی سرخ شده کاهش معنی داری در مقایسه با فیله خام نشان داد. میزان سدیم نمونه‌های خام و نمونه‌های سرخ شده در روغن ذرت تفاوت داشت (۰/۰۵ >p). مقدار پتاسیم در نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور کاهش معنی‌داری نشان دادند، در حالیکه در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون افزایش معنی‌داری داشتند. میزان منیزیم نمونه‌های ماهی هامور معمولی سرخ شده با روغن زیتون و روغن هسته انگور نسبت به نمونه خام اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. میزان فسفر و روی و منگنز و آهن در نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی در مقایسه با نمونه خام تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. میزان مس طی روش‌های مختلف سرخ کردن کاهش معنی‌داری نشان داد. میزان کلسیم ماهی هامور معمولی طی سرخ کردن با روغن زیتون افزایش معنی‌داری نشان داد. 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_1 و B_3 در فیله‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی کاهش معنی‌داری داشت. بررسی‌های پروفایل اسید چرب، میزان ویتامین‌ها و مواد معدنی نشان داد که ماهی هامور سرخ شده با روغن ذرت بهتر از سایر روغن‌های گیاهی است.

واژگان کلیدی: هامور معمولی، سرخ کردن، روغن‌های گیاهی

*نویسنده مسئول

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

مقدمه

اسیدهای چرب ماهی به سه گروه اصلی اسیدهای چرب اشباع (SFA[1])، اسیدهای چرب تک غیر اشباعی (MUFA[2]) و اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (PUFA[3] و HUFA[4]) طبقه بندی می‌شوند. اسیدهای چرب اشباع (SFA) دارای زنجیره کربنی طویلی هستند. اسیدهای چرب غیراشباع شامل اسید-های چرب تک غیراشباعی با یک پیوند مضاعف (MUFA) و اسیدهای چرب چندغیراشباعی (PUFA و HUFA) با ۶-۲ پیوند مضاعف دارای زنجیر کربنی طویل هستند که ۱۴ تا ۲۲ کربن دارند. به اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) که بیشتر از ۴ پیوند مضاعف داشته باشند HUFA [5] گویند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰ و قیومی جونیانی و همکاران، ۱۳۹۰). اسیدهای چرب اشباع شده (SFA) ماهی شامل پالمتیک اسید (C16:0)، میرستیک اسید (C14:0) و استئاریک اسید (C18:0) می‌باشند که در ماهیان گرمابی بیشتر از ماهیان سردآبی است همچنین پنتاریک اسید (C15:0)، مارگاریک اسید (C17:0) و آراشیدیک اسید (C20:0) که در حدود ۱ درصد و یا کمتر می‌باشند، دارای ارزش غذایی محدودی هستند (Ackman *et a*l., 1967). از اسیدهای چرب تک غیر اشباع می‌توان به اولئیک اسید اشاره کرد. در میان اسیدهای چرب ماهی، اسیدهای چرب چند غیر اشباع از اهمیت بالائی برخوردار هستند. اسیدهای چرب ضروری شامل PUFA و HUFA هستند که گروه های n-3 با نام اسید لینولئیک (C18:3)، ایکوزاپنتائنوئیک اسید[6] (C20:5) و دوکوزاهگزانوئیک اسید[7] (C22:6) و n-6 با نام اسید لینولنیک و اسید آراشیدونیک (C20:4) را در بر می‌گیرد (Ackman *et a*l., 1967).

ماهی و غذاهای دریایی نسبت به مواد غذایی دیگر، به طور طبیعی غنی از PUFA از نوع امگا-۳ می‌باشند (Cunnane *et al*., 2002)، از این رو مصرف منظم ماهی (عمدتا ماهی چرب) از نظر محتوای بالای زنجیره های بلند PUFA از نوع امگا-۳ به‌ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) توصیه می‌شود (Sargent *et al*., 1995, Candla *et al*., 1998). مزایای مصرف ماهی عمدتا مربوط به اثرات PUFA از نوع امگا-۳ بر سلامت انسان می‌باشد (Kinsella *et al*., 1986, Broadhurst *et al*., 2002). چربی ماهی و به-خصوص زنجیرهای اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه مانند ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید تاثیر محافظتی در مقابل بیماری‌های قلبی (Kromhout *et al*., 1985) و اثر مثبت روی بیماری‌هایی مانند فشارخون بالا، تصلب شرائین و برخی از سرطان‌ها دارد (Horrocks *et al*., 1999) و همچنین باعث بهبود توانائی یادگیری می‌شود (Candla *et al*., 1998, Sargent *et al*., 1995,). هامور معمولی جزو ماهیان کم چرب محسوب می‌شود (Jalili *et al*., 2013).

در بیشتر موارد گوشت به صورت غیر خام مصرف می‌شود. حرارت‌دهی یکی از روش‌های متداول در فرآوری مواد غذایی است. با این حال، استفاده از حرارت می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند کاهش ارزش تغذیه‌ای، کاهش رطوبت و دناتوره شدن پروتئین‌ها به ویژه پروتئین‌های میوفیبریل گردد (Uran and Gokoglu., 2014). بیشترین تغییرات کیفی در ماهی پخت شده در ارتباط مستقیم با کیفیت ماده خام اولیه است. مصرف جهانی غذاهای سرخ شده، نتیجه خصوصیات حسی مطلوب آن‌ها می‌باشد (Gertz, 2000).

ماهی‌ها و سایر محصولات دریایی غنی از مواد مغذی از جمله ویتامین‌ها هستند (Arts *et al*., 2001). ویتامین‌ها ترکیبات آلی هستند که برای رشد، تولید مثل و پایداری فعالیت‌های طبیعی بدن ضروری می‌باشند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). ویتامین‌ها از نقطه نظر حلالیت به دو گروه ویتامین‌های محلول در چربی (A,D,E,K) و ویتامین‌های محلول در آب (B_1 ، B_3 و...) تقسیم‌بندی می‌شوند (Fatemi, 2014). ویتامین‌های محلول در چربی نسبت به ویتامین‌های محلول در آب مانند گروه B، حساسیت کمتری در برابر حرارت دارند. اما در حضور اکسیژن، درجه حرارت بالا نیز می‌تواند باعث تخریب آن‌ها شود (Erkan *et al*., 2010). غذاهای دریایی در مقایسه با گوشت دام مقدار بیشتری مواد معدنی دارند. مواد معدنی به دو دسته درشت مغذی‌ها[8] (شامل سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و فسفر) و ریز مغذی‌ها[9] (آهن، منگنز، روی و مس) تقسیم می-شوند که برای سلامت بدن انسان ضروری هستند. آهن فراوان-ترین عنصر کمیاب بدن است که جذب ناکافی روزانه این عنصر باعث کم‌خونی می‌شود. کلسیم، فسفر و منیزیم در سلامت استخوان نقش داشته و منیزیم، منگنز و روی نیز تنظیم کننده فعالیت چندین آنزیم هستند (Taskaya *et al*., 2009).

[1] Saturated Fatty Acids
[2] Mono Unsaturated Fatty acids
[3] Poly Unsaturaed Fatty Acids
[4] Highly Unsaturated Fatty Acids
[5] Highly Unsaturated Fatty Acids
[6] Eicosapentaenoic acid(EPA)
[7] Docosahexaenoic acid (DHA)
[8] Macroelement
[9] Microelements

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

در میان روش‌های سرخ کردن (تابه‌ای و عمیق)، سرخ کردن عمیق متداول ترین روش آماده‌سازی ماهی می‌باشد که باعث تغییرات قابل توجهی در مواد مغذی ماهی می‌شود. طی سرخ کردن، روغن در معرض تغییرات فیزیکی و شیمیایی متعددی قرار می‌گیرد و ترکیبات نامطلوبی در آن بوجود می‌آید که می‌تواند بر کیفیت روغن و غذاهای سرخ شده و در نهایت ارزش تغذیه‌ای آن‌ها موثر باشد (Kalogeropoulos *et al*., 2004). نوع روغن مورد استفاده بر مقدار جذب روغن در محصول سرخ شده و ترکیب اسیدهای چرب آن موثر است (Moradi *et al*., 2009). پایداری روغن‌های گیاهی در مقابل اکسیداسیون وابسته به ترکیب اسیدهای چرب، به ویژه درجه غیر اشباعیت و میزان ترکیب اجزای جزئی روغن مثل توکوفرول‌ها (به خصوص گاما توکروفول)، استرول‌های خاص، هیدروکربن‌ها (اسکوالن)، کارتنوئیدها، پلی‌فنل‌ها، عوامل ضد جوشیدن و فلزات جزئی است (Sisakhtnezhad *et al*., 2008).

ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) از ماهیان با ارزش دریایی متعلق به خانواده هامور ماهیان است. ماهی هامور معمولی به دلیل ارزش غذایی و طعم خوب، همیشه در بین ماهیان دریایی مورد توجه بوده است. در سال های اخیر، تحقیقات گسترده ای بر روی ارزش غذایی عضله آبزیان انجام شده است (افخمی و همکاران،۱۳۹۲؛ ضیائیان نوربخش، ۱۳۹۱).

با اینکه ماهی هامور معمولی یکی از ماهیان بازارپسند در بین افراد بومی منطقه می‌باشد، بررسی تغییرات خصوصیات کیفی روش‌های مختلف پخت با روغن‌های مختلف گیاهی بسیار حائز اهمیت است. از طرفی تاکنون هیچ پژوهشی در ارتباط با تاثیر سرخ کردن با روغن های مختلف بر گوشت ماهی هامور معمولی صورت نگرفته است و بنابراین هدف از این مطالعه، تحقیق روی تغییرات پروفایل اسید چرب، ویتامین‌ها و مواد معدنی ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) سرخ شده با روغن‌های گیاهی (زیتون، ذرت و هسته انگور) می‌باشد.

مواد و روش کار

ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) به صورت تازه از صیادان محلی رودخانه اروند شهرستان آبادان در فصل پاییز سال ۱۳۹۳ خریداری شد. ماهیان بلافاصله در جعبه‌های یونولیتی حاوی یخ (نسبت ماهی به یخ ۱ به ۲ (وزنی/ وزنی)) نگهداری و در مدت کمتر از ۲ ساعت به آزمایشگاه شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. متوسط وزن و طول ماهی هامور معمولی به ترتیب ۱۶۵۶ گرم و ۳۶/۵ سانتی‌متر بود. تعداد ماهیان هامور ۲۰ عدد بودند. ماهیان هامور معمولی به محض ورود به آزمایشگاه شیلات، با آب سرد شسته شدند و سرزنی و تخلیه امعاء و احشاء گردیدند و از هر ماهی دو فیله بدون خارج کردن استخوان تهیه شد. ۱۰۰ گرم نمونه از بخش فوقانی[1] خط جانبی فیله ماهی جهت پخت مورد استفاده قرار گرفت. پخت نمونه‌ها طبق روش AOAC ۹۷۶/۱۶ (دستورالعمل پخت غذاهای دریایی) انجام شده (Larsen *et al*., 2010) و بخشی از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) مورد آنالیز قرار گرفتند.

برای سرخ کردن عمیق نمونه فیله ماهی، در سبد سیمی توری شکل قرار گرفت و سپس در ماهیتابه حاوی روغن با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شد تا ماهی سرخ شود. پس از سرخ کردن نمونه‌ها روی حوله جاذب قرار داده شدند. برای این روش سرخ کردن از روغن زیتون، ذرت و روغن هسته انگور استفاده شد. بعد از اتمام فرآیند سرخ کردن، نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شدند. نمونه‌های خنک شده در کیسه‌های فریزری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز قرار گرفتند. قبل از انجام آنالیزها پوست و استخوان از فیله پخته شده جدا گردیدند. تمام نمونه‌ها در هر روش پخت با استفاده از همزن آشپزخانه همگن شدند. از هر تیمار مورد آزمایش، ۳ تکرار در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری پروفایل اسید چرب، مواد معدنی و ویتامین‌ها پس از پخت فیله‌های ماهی هامور معمولی انجام شدند.

شاخص قابلیت اکسیداسیون (PI[2])

شاخص قابلیت اکسیداسیون نشان‌دهنده رابطه بین ترکیب اسید چرب و حساسیت آن به اکسیداسیون می‌باشد که طبق روش Testi و همکاران (۲۰۰۶) محاسبه گردید.

Peroxidisability index PI= (0.025×momoenes)+ (1×dienes)+ (2×trienes)+ (4×tetraenes)+ (6×pentaenes)+ (8×hexaenes).

اندازه‌گیری پروفایل اسید چرب[3]

برای آنالیز پروفایل اسیدچرب، استخراج لیپید بر اساس روش Folch (۱۹۵۷) با کمی تغییر، با استفاده از حلال کلروفرم: متانول با نسبت حجمی (v/v۱:۲) حاوی ۰/۰۱ ٪ هیدروکسیل تولوئن بعنوان آنتی اکسیدان انجام شد. اسید چرب متیل استر

[1]Proximal section
[2] Peroxidisability index
[3]Fatty acid profile

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

(FAME) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) فیلیپس مدل GC-PU4400، مجهز به ستون مویین از نوع (BPX70, 60 m ×0.32 mm ID, 0.25-µm film thickness, SGM, Victoria, Australia) و یک آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID)[1] استفاده گردید. از هلیوم با خلوص ۹۹/۹۹ درصد به عنوان گاز حامل استفاده شد و حجم نمونه تزریق شده ۰/۲µL بود که به نسبت ۱:۲۰ تقسیم شد. دمای آون برای بالابردن دما از ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی گراد در ۲۰ درجه بر دقیقه، از ۱۸۰ به ۲۱۰ درجه سانتی گراد در ۱/۵ درجه بر دقیقه و از ۲۱۰ درجه به ۲۳۰ درجه سانتیگراد در ۲۰ درجه بر دقیقه برنامه‌ریزی شد. درجه حرارت به ترتیب در۵، ۱۰، ۳و ۵ دقیقه در ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد و در دمای نهایی نگهداری شد. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب ۲۸۰ و ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. شناسائی اسیدچرب و اندازه‌گیری آنها بر اساس نقاط پیک FAME و استفاده از نرم افزار DataApex Clarity™ (Prague, Czech, Republic) انجام شد.

شاخص های کیفی تغذیه ای (NQI)

شاخص‌های کیفی تغذیه ای شامل محاسبه نسبت اسیدهای چرب چند غیر اشباع به اسیدهای چرب اشباع (PUFA/SFA) طبق روش (Kalogeropoulos *et al*., 2004; Marques *et al*., 2010)، محاسبه نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب اشباع (UFA/SFA)، طبق روش (Larsen *et al*., 2010)، n-3/n-6 (Marques *et al*., 2010)، محاسبه اسید چرب آراشیدونیک به ایکوزلپنائنوئیک اسید (ARA/EPA)، طبق روش (Larsen *et al*., 2010)، محاسبه مجموع ایکوزاپنتائنوئیک اسید و دکوزاپنتائنوئیک اسید، مطابق روش (EPA+DHA) (Unsan, 2007)، محاسبه HH[2]، طبق روش (Testi *et al*., 2006)، محاسبه AI[3]، طبق روش (Tural *et al*., 2007) و محاسبه TI[4]، طبق روش (Tural *et al*., 2007) می باشد.

اندازه‌گیری مواد معدنی

جهت اندازه گیری میزان مواد معدنی از روش AOAC (1999) با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای GBC Savant AA ساخت کشور ایتالیا انجام گردید. برای سنجش مواد معدنی، ۱۵ گرم نمونه خشک شده را پودر و در کوره در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفت و به ازای هر یک ساعت دمای کوره را ۵۰ درجه سانتی‌گراد افزوده شد تا دمای کوره به ۴۵۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس نمونه‌ها به مدت هشت ساعت در این دما نگه‌داری شد. پس از سرد شدن، ۳-۱ میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌های خاکستر شده اضافه گردید و جهت تبخیر شدن روی هات پلیت قرار گرفت و مجددا نمونه-های خاکستر شده، در کوره به مدت یک تا دو ساعت در دمای کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و به ازای هر یک ساعت ۱۰۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای کوره را افزوده شد که دما به ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد برسد و دو ساعت بصورت پیوسته در این دما باقی بماند. جهت حل شدن خاکستر ۵ میلی-لیتر HCl ۶ مولار، به بوته چینی اضافه گردید و سپس نمونه‌ها روی هات پلیت قرار گرفت تا اسید تبخیر شود. به منظور هضم، نمونه‌ها به همراه ۳۰-۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار حل گردید. پس از پوشاندن درب بوته‌های چینی نمونه‌ها ۲-۱ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و در ظروف پلاستیکی قرار داده شد. جهت اندازه‌گیری میزان مواد معدنی (سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز، مس، روی، آهن) موجود در نمونه‌ها یک سی‌سی از محلول تهیه شده، برداشته شد و در بالن ژوژه ۱۰۰ سی‌سی با آب مقطر به حجم رسانده شد و مجددا از دستگاه جذب اتمی برای تعیین غلظت مواد معدنی استفاده شد. میزان فسفر نمونه-های ماهی هامور معمولی به روش اسپکتروفتومتری بعد از تغییر رنگ در محلول بارتون اندازه‌گیری شد (Uran and Gokoglu, 2014).

اندازه گیری میزان ویتامین‌ها

سنجش ویتامین‌های محلول در آب

ویتامین‌های محلول در آب (B_1 و B_3)، طبق روش Erosy و Özeren (۲۰۰۹) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع فشار بالا (HPLC) اندازه گیری شدند. شرایط دستگاه HPLC، طول موج ۲۴۵ نانومتر، سرعت جریان ۱ میلی متر بر دقیقه، حجم تزریق ۲۰ میکرولیتر، ترکیب فاز متحرک شامل: ۱۰۰۰ میلی لیتر حلال فسفات و ۳۶۰ میلی لیتر متانول، فشار ۱۵۰-۱۶۰ بار، مدت زمان اجرا ۲۲ دقیقه بود.

سنجش ویتامین‌های محلول در چربی

اندازه گیری میزان ویتامین‌های محلول در چربی (A و D) توسط دستگاه HPLC مجهز به ستون تحلیلی RP (Eurosphere ™250×4.6 mm, 5 µm) مدل

[1] Flame Ionization Detector
[2] Hypocholesterolamic/ Hypercholesterolamic
[3] Atherogenicity Index
[4] Thrombogenic Index

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

(KNUAER, Germany) بر اساس مطالعه انجام شده توسط Stancheva و Dobreva (۲۰۱۳) صورت گرفت. ویتامین‌های A و D. توسط امواج UV در طول موج‌های ۳۲۵ نانومتر و ۲۶۵ نانومتر نشان داده شدند.آماده سازی نمونه‌ها به شرح زیر می-باشد:

۲ گرم نمونه گوشت ماهی را با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر هموژن گردید و ۱/۵ سی سی از نمونه هموژن شده در لوله فالکون قرار داده شد. به آن ۳ میلی‌لیتر محلول متانولی اسکوربیک اسید به-علاوه ۷/۵ میلی لیتر محلول پتاسیم هیدروکسید در حلال متانول اضافه گردید و جهت صابونی شدن به‌مدت ۲۰ دقیقه در بنماری (حمام آب گرم) دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. بعد از سرد شدن، ۴ میلی لیتر حلال n- هگزان به لوله‌های فالکون اضافه شد و به‌مدت یک دقیقه روی ورتکس قرار گرفت. جهت جداسازی فاز از دکانتور استفاده شد. سپس حلال هگزان داخل لوله‌ها تحت جریان ملایم نیتروژن تبخیر گردید. به باقی‌مانده ماده خشک ۱ میلی لیتر متانول اضافه و سپس فیلتر شد. در نهایت جهت سنجش میزان ویتامین‌های محلول در چربی ۲۰ میکرولیتر از محلول نمونه به دستگاه HPLC تزریق گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

نمونه‌ها دارای ۳ تکرار بودند. تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون واریانس یکطرفه[1] بررسی شدند و نتایج به صورت میانگین ± خطای معیار[2] بیان شدند. اختلاف بین تیمارها با آزمون دانکن[3] در سطح معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) با استفاده از نرم افزار آنالیز آماری SPSS نسخه ۱۶مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

پروفایل اسید چرب فیله ماهی هامور معمولی

نتایج تغییرات اسیدهای چرب ماهی هامور معمولی در روش سرخ کردن با روغن‌های مختلف گیاهی در جدول ۱ نشان داده شده است. سرخ کردن تاثیر معنی‌داری بر مقدار اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب تک غیر اشباع و اسیدهای چرب چند غیر اشباع داشت. بیشترین و کمترین میزان اسیدهای چرب فیله ماهی هامور معمولی به ترتیب شامل اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب چند غیر اشباع است. سرخ کردن فیله ماهی هامور معمولی در روغن‌های مختلف گیاهی منجر به کاهش میزان اسیدهای چرب اشباع نسبت به فیله خام ماهی شده است ($p<۰/۰۵$). مقدار اسیدهای چرب تک غیر اشباع و اسیدهای چرب چند غیر اشباع در فیله های سرخ شده اختلاف معنی‌داری در مقایسه با نمونه خام نشان دادند ($p<۰/۰۵$). مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباع در فیله های ماهی سرخ شده با روغن زیتون کاهش داشتند ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان اسیدهای چرب n-6 در فیله ماهی هامور معمولی لینولئیک اسید (C18:2) و آراشیدونیک اسید (C20:4) است. میزان - لینولئیک اسید (C18:2) در فیله های سرخ شده افزایش معنی داری نشان داد. لینولنیک اسید (C18:3)، ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5) و دکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6) بیشترین میزان اسیدهای چرب n-3 می باشند. میزان اسیدهای چرب -n 3 در نمونه ماهی سرخ شده با روغن‌های مختلف تفاوت معنی داری با فیله خام نشان داد. بیشترین اسید جرب n-3 مربوط به EPA (C 20: 5 n3) می‌باشد.

شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای (NQI[4])

شاخص کیفی تغذیه‌ای ماهی هامور معمولی نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

مقدار شاخص PUFA/SFA در نمونه‌های خام ماهی هامور معمولی ۰/۲۸ بود. شاخص PUFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت (۲/۰۳) و روغن هسته انگور (۰/۸۵) افزایش معنی‌داری را نشان دادند ($p<۰/۰۵$). نسبت UFA/SFA نمونه‌های خام ۰/۸۱ اندازه‌گیری شد. میزان UFA/SFA طی سرخ کردن افزایش معنی‌دار نشان داد ($p<۰/۰۵$). به طوری که بیشترین مقدار UFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت (۳/۳۷) مشاهده گردید.

نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های خام ماهی هامور معمولی ۱/۱۴ اندازه گیری شد. میزان n-3/n-6 نمونه‌های سرخ شده با روغن-های مختلف در مقایسه با نمونه خام کاهش معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$). نسبت ARA/EPA در نمونه‌های خام ۰/۸۲ بود. نسبت ARA/EPA نمونه خام اختلاف معنی‌داری با فیله-های سرخ شده به جز فیله سرخ شده با روغن زیتون نشان نداد. شاخص EPA+DHA در نمونه خام ۶/۰۶ درصد بود. مقدار EPA+DHA فیله ماهی سرخ شده با روغن ذرت (۱/۹۸ درصد) و روغن زیتون (۲/۷۸ درصد) نسبت به نمونه خام اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$).

[1] One way ANOVA
[2] Standard erorr
[3] Duncan' s test
[4] Nutritional quality indices

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

جدول ۱: پروفایل اسید چرب ماهی هامور معمولی در حالت خام و سرخ شده (بر حسب گرم اسیدچرب در ۱۰۰ گرم چربی)

Table 1: Fatty acid profile of raw and frying Orange-spotted grouper (g fatty acid / 100 g fat)

اسیدچرب	خام	روغن زیتون	روغن هسته انگور	روغن ذرت
C14	۶/۴۲±۰/۴۶^{a}	۲/۸۷±۰/۳۲^{c}	۴۶/۲ ±۰/۰۸^{b}	۱/۵۵±۰/۱۱^{d}
C16	۳۰/۰۶±۰/۳۲^{a}	۲۰/۱۷±۱/۰۱^{c}	۲۳/۱۵ ±۰/۰۵^{b}	۱۶/۳۴±۰/۰۵^{d}
C18	۸/۰۹±۰/۳۱^{a}	۶/۵۹±۰/۳۵^{b}	۷۹ ±۰/۰۹^{c}	۳/۳۵±۰/۰۹^{d}
C24	۰/۵۹±۰/۰۱^{b}	۰/۸۸±۰/۰۳^{a}	۶۳ ±۰/۰۵^{b}	۲۳±۰/۰۶^{c}
∑ SFA[1]	۴۵/۱۶±۰/۴۷^{a}	۳۰/۵۲±۰/۴۰^{c}	۲۱/۴۹ ±۰/۰۸^{b}	۲۱/۴۹±۰/۰۳^{d}
C 16:1	۱۵/۳۹±۰/۴۸^{a}	۶/۴۳±۰/۳۶^{c}	۹۶/۱۱ ±۰/۱۴^{b}	۴/۴۶±۰/۹۸^{d}
C 18:1	۸/۵۷±۰/۴۰^{d}	۴۵/۱۰±۱/۰۱^{a}	۵۴/۱۲ ±۰/۱۲^{c}	۲۴/۲۶±۲۴/۲۶^{b}
∑ MUFA[2]	۲۳/۹۷±۰/۸۸^{c}	۵۱/۵۳±۱/۱۵^{a}	۵۱ ±۰/۱۶^{b}	۲۸/۷۳±۲۵/۱^{b}
C 18 2w6	۲/۷۹±۰/۲۷^{d}	۴/۳۸±۰/۵۷^{c}	۵۵ ±۰/۴۴^{b}	۴۰/۷۶±۳۱/۰^{a}
C 20 4w6	۳/۲۷±۰/۳۰^{ab}	۲/۶۹±۰/۲۷^{b}	۷۴ ±۰/۰۵^{c}	۰/۸۲±۰/۰۵^{d}
∑ n6	۶/۰۶±۰/۴۸^{c}	۷/۰۸±۰/۳۰^{c}	۳۰ ±۰/۵۰^{b}	۴۱/۵۹±۰/۳۴^{a}
C 18:3 n3	۰/۸۴±۰/۰۷^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{c}	۰۸ ±۰/۳۷^{b}	۰۱ ±۰/۱۸^{c}
C 20: 5 n3	۴/۲۳±۰/۶۳^{a}	۱/۴۹±۰/۱۶^{c}	۸۳ ±۲/۸۱^{b}	۱۷ ±۱/۳۴^{c}
C 22:6 n3	۱/۸۲±۰/۳۱^{ab}	۱/۲۸±۰/۰۶^{ab}	۱۶ ±۱/۷۳^{a}	۰۴ ±۰/۶۴^{c}
∑ n3	۶/۹۱±۰/۹۶^{a}	۲/۸۸±۰/۲۱^{c}	۱۰ ±۴/۹۲^{b}	۲۱ ±۲/۱۷^{c}
∑ PUFA[3]	۱۲/۹۷±۱/۱۵^{c}	۹/۹۶±۰/۴۶^{d}	۶۰ ±۲۹/۲۲^{b}	۵۰ ±۴۳/۷۷^{a}

اعداد به صورت میانگین ± خطای معیار در سه تکرار بیان شده است. حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

جدول ۲: شاخص کیفی تغذیه‌ای (NQI) ماهی هامور معمولی در حالت خام و سرخ شده

Table 2: Nutritional quality indices (NQI) of raw and frying Orange-spotted grouper

شاخص تغذیه‌ای	خام	روغن زیتون	روغن هسته انگور	روغن ذرت
PUFA/SFA	۰/۲۸±۰/۰۲^{c}	۰/۳۲±۰/۰۱^{c}	۰/۸۵±۰/۰۲^{b}	۲/۰۳±۰/۲۰^{a}
UFA[4]/SFA	۰/۸۱±۰/۳۴^{d}	۲/۰۱±۰/۰۴^{b}	۱/۶۲±۰/۰۲^{c}	۳/۳۷±۰/۰۵^{a}
n-3/n-6	۱/۱۴±۰/۱۶^{a}	۰/۴۰±۰/۰۲^{b}	۰/۲۰±۰/۰۰^{bc}	۰/۰۵±۰/۰۰^{c}
EPA[5]+DHA[6](%)	۶/۰۶±۰/۸۹^{ab}	۲/۷۸±۰/۱۹^{c}	۴/۵۵±۰/۱۴^{b}	۱/۹۸±۰/۲۱^{c}
HH[۷*]	۰/۵۹±۰/۰۴^{d}	۲/۳۹±۰/۰۹^{b}	۱/۵۷±۰/۰۲^{c}	۳/۷۹±۰/۰۵^{a}
AI[۸**]	۱/۵۱±۰/۱۰^{a}	۰/۵۱±۰/۰۰^{c}	۰/۷۴±۰/۰۱^{b}	۰/۳۰±۰/۰۰^{c}
TI[۹***]	۱/۲۲±۰/۱۱^{abc}	۰/۷۶±۰/۰۰^{cd}	۰/۸۲±۰/۰۱^{bcd}	۰/۵۰±۰/۰۰^{d}
ARA/EPA	۰/۸۲±۰/۲۰^{b}	۱/۸۷±۰/۳۹^{a}	۰/۶۱±۰/۰۰^{b}	۰/۶۲±۰/۰۴^{b}
DHA/EPA	۰/۴۳±۰/۰۴^{d}	۰/۸۷±۰/۱۰^{abc}	۰/۶۱±۰/۰۷^{bcd}	۰/۴۸±۰/۰۳^{d}

اعداد به صورت میانگین ± خطای معیار در سه تکرار بیان شده است. حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

* HH = (C18:1n9 + C18:2n6 + C20:4n6 + C18:3n3 + C20:5n3 + C22:5n3 + C22:6n3)/(C14:0 + C16:0)

** AI = [C12:0 + 4(C14:0) + C16:0] / [MUFA = n-3 PUFA + n-6 PUFA]

*** TI = [C14:0 + C16:0 + C18:0] / [0/5 MUFA+0/5(n-6 PUFA) + 3 (n-3 PUFA + (n-3 PUFA/n-6 PUFA]

[1] Saturated Fatty Acid
[2] Monounsaturated fatty acid
[3] Polyunsaturated fatty acid
[4] Unsaturated Fatty Acid
[5] Eicosapentaenoic acid
[6] Docosapentaenoic acid
[7] hypocholesterolamic/ hypercholesterolamic fatty acid ratio
[8] Atherogenicity index
[9] Thrombogenic index

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

میزان HH در ماهی هامور معمولی خام ۰/۵۹ اندازه‌گیری شد. میزان HH در نمونه‌های سرخ شده به طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). میزان AI و TI در نمونه خام ماهی هامور معمولی به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۲۲ می باشد. میزان AI و TI در نمونه‌های سرخ شده به طور معنی‌داری کاهش نشان داد .

تغییرات میزان مواد معدنی فیله ماهی هامور معمولی

میانگین مواد معدنی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر، منگنز، مس، روی، کلسیم و آهن) در ماهی هامور معمولی خام و سرخ شده به شیوه‌های مختلف بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در جدول ۳ ارائه شده است.

میزان سدیم در بین نمونه‌های خام و سرخ شده به جز نمونه-های سرخ شده در روغن ذرت تفاوت معنی‌داری نشان نداد (p>۰/۰۵). میزان پتاسیم در تمامی روش‌ها به جز نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت تفاوت معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). میزان منیزیم نمونه‌های ماهی هامور معمولی پس از سرخ کردن عمیق با روغن زیتون (۱۷۲/۳۸±۱۲/۰۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و روغن هسته انگور (۱۶۳/۲۶±۷/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (p >۰/۰۵). از مقایسه میزان فسفر نمونه خام با نمونه‌های سرخ شده اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد. طی روش‌های پخت به جز در نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور، در میزان منگنز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p >۰/۰۵). میزان مس طی روش‌های پخت کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵)، بطوریکه کمترین میزان مس در نمونه‌های پخت شده به روش سرخ کردن عمیق با روغن زیتون (۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. مقدار روی در تیمار خام ۱۳/۳۷±۰/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد و طی روش‌های پخت نمونه خام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (p >۰/۰۵). در مقایسه میزان کلسیم نمونه‌های سرخ شده با روغن زیتون نسبت به نمونه خام تفاوت معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵)، در حالی که سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نسبت به خام نشان ندادند (p >۰/۰۵). تمامی روش‌های پخت تاثیر معنی‌داری روی میزان آهن ماهی هامور معمولی نشان ندادند (p>۰/۰۵).

تغییرات میزان ویتامین‌های فیله ماهی هامور معمولی

میانگین ویتامین‌های محلول در چربی (A و D) و ویتامین‌های محلول در آب (B_1 و B_3) در ماهی هامور معمولی خام و سرخ شده بر حسب میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک در جدول ۴ نشان داده شده است. مطابق نتایج بدست آمده، میزان ویتامین A نمونه خام ۰/۰۹±۰/۴۱میلی گرم بر ۱۰۰ گرم بود. میزان ویتامین A فیله هامور معمولی پس از پخت با روش‌های سرخ کردن عمیق به جز نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور افزایش یافت (p<۰/۰۵)، به طوری که بالاترین میزان ویتامین A در نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت با مقدار۰/۷۹±۸/۳۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم مشاهده شد. میزان ویتامین D نمونه خام ۰/۰۵±۰/۳۶ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم بود. میزان ویتامین D فیله خام و سرخ شده تفاوت معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵). میزان ویتامین B_1 نمونه خام ۰/۰۴±۰/۳۰ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم بود. میزان B_1 در تمامی روش‌های پخت کاهش معنی‌داری نشان داد(p<۰/۰۵). میزان ویتامین B_3 نمونه خام ۱/۵۶±۰/۱۷ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم بود. میزان B_3 کاهش معنی‌داری در نمونه‌های سرخ شده نشان داد (p<۰/۰۵).

جدول۳: میزان مواد معدنی فیله های خام و سرخ شده ماهی هامور معمولی تحت تاثیر روش‌های مختلف سرخ کردن (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)
Table 3: Minerals content of raw and frying Orange-spotted grouper with different frying methods (mg/ kg dry matter).

روش های پخت / شاخص	خام	سرخ کردن با روغن زیتون	سرخ کردن با روغن هسته انگور	سرخ کردن با روغن ذرت
Na	۸۰۰/۰۰±۹۳/۴۱^{a}	۷۷۴/۸۰±۹۳/۴۱^{a}	۷۹۸/۸۰±۶۸/۹۳^{a}	۴۹۱/۹۰±۲۱/۶۵^{b}
K	۹۵۶/۸۸±۳/۸۷^{b}	۱۱۷۹/۱۴±۲۷/۲۵^{a}	۵۹۰/۶۸۳±۸/۰۸^{c}	۹۲۶/۲۳±۱۳/۵۶^{b}
Mg	۱۷۲/۵۶±۱۲/۵۵^{a}	۱۷۲/۳۸±۱۲/۰۷^{a}	۱۶۳/۲۶±۷/۳۹^{ab}	۱۳۰/۷۸±۶/۴۲^{b}
P	۲۳۳۶/۹۱±۹۱/۹۱^{ab}	۲۴۲۲/۶۵±۴۵/۶۵^{a}	۲۳۹۸/۵۱±۳۲/۶۳^{ab}	۲۴۲۲/۶۵±۴۵/۶۵^{a}
Mn	۰/۶۲±۰/۱۱^{a}	۰/۵۸±۰/۰۹^{a}	^{a}۰/۶۹۸±۱/۵۸	۰/۹۹±۰/۱۵^{a}
Cu	۰/۴۶±۰/۱۶^{a}	۰/۰۶±۰/۰۱^{b}	۰/۰۸±۰/۰۱^{b}	۰/۱۴±۰/۰۰^{b}
Zn	۱۳/۳۷±۰/۶۰^{ab}	۱۲/۶۲±۰/۳۱^{b}	۱۳/۷۳±۰/۳۱^{ab}	۱۴/۱۳±۰/۱۵^{ab}
Ca	۲۷۲/۴۰±۰/۵۷^{a}	۵۳۶/۲۰±۱۷۷/۰۱^{a}	۲۵۹/۳۰۰±۸/۰۲^{a}	۳۵۳/۲۰۰±۳۱/۸۶^{a}
Fe	۱/۵۲±۰/۲۸^{a}	۱/۰۰±۰/۰۶^{a}	۱/۹۷±۰/۵۰^{a}	۱/۳۳±۰/۲۱^{a}

اعداد به صورت میانگین ± خطای معیار در سه تکرار بیان شده است. حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

جدول۴: میزان ویتامین‌های فیله های خام و پخته شده ماهی هامور معمولی تحت تاثیر روش‌های مختلف پخت (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک)
Table 4: Vitamins content of raw and frying Orange-spotted grouper with different frying methods (mg/ kg dry matter).

شاخص / تیمار	A	D	B1	B3
خام	۰/۴۱±۰/۰۹^{c}	۰/۳۶±۰/۰۵^{a}	۰/۳۰±۰/۰۴^{a}	۱/۵۶±۰/۱۷^{a}
سرخ کردن با روغن زیتون	۲/۱۸±۰/۱۹^{b}	۰/۱۷±۰/۰۳^{b}	۰/۱۲±۰/۰۲^{b}	۰/۸۲±۰/۲۶^{b}
سرخ کردن با روغن هسته انگور	۰/۸۴±۰/۲۹ ^{bc}	۰/۰۱±۰/۰۰^{c}	۰/۱۱±۰/۰۳ ^{b}	۰/۸۷±۰/۱۷ ^{b}
سرخ کردن با روغن ذرت	۸/۳۶±۰/۷۹ ^{a}	۰/۰۶±۰/۰۰ ^{c}	۰/۰۸±۰/۰۳ ^{b}	۰/۷۶±۰/۰۶ ^{b}

اعداد به صورت میانگین ± خطای معیار در سه تکرار بیان شده است. حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

بحث

پروفایل اسید چرب فیله ماهی هامور معمولی

در این مطالعه اسیدهای چرب متفاوت از گروه اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) و اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) در نمونه‌های مختلف ماهی هامور معمولی شناسایی گردیدند. این اسیدهای چرب با زنجیره طویل دارای ۲۴-۱۴ کربن می‌باشند. روش‌های مختلف پخت اثر متفاوتی بر پروفایل اسید چرب دارد. الگوی نسبی اسیدهای چرب ارائه شده در ماهی هامور معمولی خام بصورت SFA>MUFA>PUFA می‌باشد. علت پایین بودن میزان PUFA، حساسیت باندهای دوگانه اسیدچرب به اکسیداسیون می‌باشد (De Castro *et al*., 2007; Hosseini *et al*., 2014) . نتیجه حاصل از این مطالعه با بررسی Koubaa و همکاران (۲۰۱۲) بر ماهی کفال قرمز (*Mullus babatus*) مطابقت دارد. اگرچه در مطالعه Saldanha و همکاران (۲۰۰۸) مشخص شد PUFA بیشترین مقدار از کل اسیدهای چرب موجود درماهی ساردین برزیل را تشکیل می‌دهند.

در مطالعه حاضر، سرخ کردن عمیق باعث اختلاف معنی‌داری بر میزان SFA، MUFA و PUFA شد (p <۰/۰۵)، در مطالعه Weber و همکاران (۲۰۰۸) ، فیله‌های سرخ شده در روغن کانولا میزان بالای MUFA و میزان کم PUFA و SFA را نسبت به فیله خام نشان دادند. مریستیک اسید (C14:0)، پالمتیک اسید (C16:0)، استئاریک اسید (C18:0) و لیگنوسریک اسید (C24:0)، بیشترین اسیدهای چرب اشباع مورد ارزیابی در مطالعه حاضر می‌باشند که میزان SFA طی سرخ کردن عمیق کاهش نشان داد که علت آن ممکن است در ارتباط با ترکیب روغن های گیاهی می‌باشد (Weber *et al*., 2008). در روش‌های پختی که دما زیر ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد است، اسیدهای چرب اشباع تغییر چشمگیری نخواهد داشت، اما با افزایش دما به‌خصوص در شرایط حضور اکسیژن میزان اسیدهای چرب اشباع کاهش می‌یابد (Ghaumi- Jooyani *et al*., 2011). در مطالعاتی که توسط Larsen و همکاران (۲۰۱۰)، Uran و Gokoglu (۲۰۱۴) و Weber و همکاران (۲۰۰۸) صورت گرفته فیله‌های سرخ شده عمیق با روغن گیاهی کمترین میزان SFA را داشتند.

فیله‌های سرخ شده با روش سرخ کردن عمیق سطح بالایی از اولئیک اسید (C18:1) در مقایسه با فیله‌های خام نشان دادند که ممکن است به دلیل جذب روغن توسط فیله‌ها از طریق سرخ کردن باشد. در بین فیله‌های سرخ شده با روغن‌های گیاهی مطابق جدول ۱، بالاترین میزان اولئیک اسید مربوط به فیله‌های سرخ شده در روغن زیتون بود. روغن زیتون یکی از روغن‌های سرخ‌کردنی محبوب و منبع خوبی از اولئیک اسید می‌باشد (Portarena *et al*., 2015; Reddy *et al*., 2015; Sioen *et al*., 2006). نتیجه مطالعه حاضر با نتایج حاصل از مطالعات Ansorena و همکاران (۲۰۱۰) و Gall و همکاران (۱۹۸۳) مطابقت دارد. مطابق جدول ۱، میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع با سرخ کردن افزایش یافته است، باباخانی (۱۳۸۹) مطالعه ای بر روش های مختلف پخت ماهی سفید انجام دادند و نتایج نشان داد که مقدار MUFA در نمونه‌های پخته شده کاهش یافت که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت ندارد. اسیدهای چرب چند غیر اشباع مورد مطالعه در این تحقیق لینولئیک اسید (C18:2)، لینولنیک اسید (C18:3)، آرشیدونیک اسید (C20:4)، ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5) و دیکوهگزاپنتانوئیک اسید (C22:6) می‌باشند.

همانگونه که در جدول ۱ ارائه شده است، میزان PUFA در فیله‌های سرخ شده در روغن‌های ذرت و هسته انگور معنی‌دار بود(P<۰/۰۵) درحالی که فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون کاهش معنی‌داری در میزان PUFA نشان دادند (P<۰/۰۵). میزان PUFA در فیله‌های سرخ شده با روغن‌های مختلف تاثیر یکسانی نشان ندادند که به علت ساختار روغن سرخ کردنی می‌باشد (Weber *et al*., 2008). علت کم بودن مقدار PUFA در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون ممکن است به دلیل ساختار روغن زیتون باشد که از انتقال چربی روغن سرخ کردنی

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

به غذا جلوگیری می‌کند (Varela, 1988). Delfieh و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود گزارش دادند، مقدار PUFA در روش‌های مختلف پخت اختلاف معنی‌داری نداشت؛ بجز در روش سرخ کردن که افزایش مقدار PUFA دو برابر نسبت به نمونه‌های خام بود.

فیله‌های سرخ شده در روغن ذرت و روغن هسته انگور تفاوت معنی‌داری روی محتوای n-6 نشان دادند (p >۰/۰۵). لینولئیک اسید (C18:2 n-6) و آراشیدونیک اسید (C20:4 n-6) فراوانترین اسید چرب امگا-۶ در فیله‌ها بودند. مطابق نتایج حاصل از مطالعه حاضر، میزان لینولئیک اسید در سرخ کردن نسبت به نمونه‌های خام افزایش یافت. اما این افزایش فقط در نمونه‌های سرخ شده در روغن هسته انگور و ذرت معنی‌دار بود. نتایج حاضر با نتایج حاصل از مطالعه باباخانی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. لینولنیک اسید (C18:3 n-3,ALA)،ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5 n-3,EPA) و دوکوزوهگزانوئیک اسید (C22:6 n-3, DHA) مهمترین اسیدهای چرب امگا-۳ مورد بررسی در مطالعه حاضر می‌باشند. منابع دریایی منبع غنی از EPA و DHA هستند. در این مطالعه، EPA فراوانترین اسید چرب امگا-۳ در ماهی هامور معمولی بود. لیپید ماهی حاوی EPA و DHA می‌باشد، درحالی که این اسیدهای چرب در روغن‌های گیاهی یافت نمی‌شوند. سرخ کردن عمیق تاثیر معنی‌داری روی محتوای n-3 نشان داد (P<۰/۰۵). مهمترین عامل کاهش-دهنده میزان n-3 جذب روغن توسط فیله‌ها طی فرآیند سرخ کردن می‌باشد (Hosseini *et al*., 2014). در این راستا مطالعات مشابهی صورت گرفته که نتایج آن‌ها با نتیجه مطالعه حاضر تطابق دارد از جمله مطالعه Weber و همکاران (۲۰۰۸) که نشان داد سرخ کردن با روغن گیاهی باعث کاهش محتوای n-3 می‌گردد. همچنین می‌توان مطالعات Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که ترکیب اسیدچرب و حساسیت آنها در برابر اکسیداسیون بر کاهش میزان n-3 فیله‌های سرخ شده تاثیرگذار است.

شاخص قابلیت اکسیداسیون (PI)

میزان بالای PI نشان‌دهنده حساسیت بالای اسید چرب به اکسیداسیون می‌باشد(Hosseini *et al*., 2014). در این مطالعه میزان PI، ۷۳/۹۳ محاسبه شد که نشان می‌دهد فیله هامور معمولی حساسیت کمی نسبت به اکسیداسیون طی سرخ کردن داشت. Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) ، دریافتند که مقدار PI در ماهی سفید دریای خزر ۱۷۰/۸ بود .شاخص PI در مطالعات (Unusan, 2007) و(Weber *et al*., 2008) بترتیب ۱۳۳/۹۴ و ۷۴/۵۵ بودند که گزارش کردند کم بودن شاخص PI نمونه‌ها ممکن است با کم بودن مقدار کل اسید چرب امگا-۳ فیله خام مرتبط می‌باشد.

شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای

با توجه به اثرات مختلف اسیدهای چرب بر سلامت، لازم است که بسته به پروفایل اسید چرب و خواص آن، شاخص کیفی تغذیه‌ای را تعریف کرد. کیفیت ترکیبات اسید چرب با چندین شاخص ارزیابی می‌شود (Hosseini *et al*., 2014) که در این مطالعه در فیله‌های خام و سرخ شده ماهی هامور معمولی مورد بررسی قرار گرفتند.

PUFA/SFA و UFA/SFA

نسبت‌های PUFA/SFA و UFA/SFA، شاخص‌های مهمی هستند که برای ارزیابی کیفیت مواد مغذی غذاهای دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Larsen *et al*., 2010). WHO، نسبت PUFA/SFA بالای ۰/۴ را برای وعده غذایی سالم انسان توصیه کرده است (WHO, 2003). مطابق جدول ۲، مقدار شاخص PUFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده افزایش یافته است به طوریکه بیشترین میزان این شاخص در نمونه‌های سرخ شده با روغن ذرت و هسته انگور مشاهده شد. مقدار شاخص UFA/SFA نیز طی سرخ کردن افزایش یافته است. دلیل افزایش شاخص‌های PUFA/SFA و UFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده عمیق ممکن است به دلیل جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن باشد. گزارش‌های متعددی در رابطه با تاثیر PUFA/SFA و UFA/SFA بر متابولیسم چربی وجود دارد (Hosseini *et al*., 2014, Marques *et al*., 2010, Kalogeropoulos *et al*., 2004).

n-3/n-6

نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به اسیدهای چرب امگا-۶ (n-3/n-6)، به عنوان شاخصی برای بررسی ارزش غذایی روغن ماهی در ماهیان مختلف استفاده می‌گردد (Pigott *et al*., 1990). گزارشات بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهد مقدار بالاتر n-3/n-6 اثر پیشگیری از بسیاری از بیماری‌ها از جمله بیماری‌های قلبی- عروقی و سرطان دارد (Simopoulos, 2002). میزان نسبت n-3/n-6 از ۱:۱ تا ۵:۱ در غذاهای انسانی نشان‌دهنده وعده غذایی سالم برای غذای انسان است (Zuraini *et al*., 2006). نسبت n-3/n-6 از محدوده ۰/۲۴ تا ۴/۱ در گونه‌های ماهی متفاوت است (Hosseini *et al*., 2014).

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، میزان نسبت n-3/n-6 در تمامی نمونه‌های ماهی هامور معمولی و سرخ شده در محدوده توصیه شده WHO قرار داشت. نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های سرخ شده نسبت به نمونه‌های خام کاهش معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵) که ممکن است به علت انتقال اسیدهای چرب امگا-۶ بخصوص لینولئیک اسید از روغن سرخ کردنی به بافت ماهی باشد (Sioen *et al*., 2006). Delfieh و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خود کمترین نسبت n-3/n-6 را در نمونه-های سرخ شده مشاهده کردند که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد.

ARA/EPA

نسبت ARA/EPA شاخص کیفی تغذیه‌ای بهتری نسبت به n-3/n-6 است (Hosseini *et al*., 2014). افزایش نسبت ARA/EPA باعث کاهش کیفیت روغن ماهی می‌شود (Larsen *et al*., 2010). فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون تاثیر معنی‌داری در نسبت ARA/EPA نشان دادند (۰/۰۵> *p*).

EPA+DHA

شاخص EPA+DHA یکی از مهمترین شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای می‌باشد (Hosseini *et al*., 2014). اختلاف معنی-داری در میزان شاخص EPA+DHA بین تیمارهای تیمارهای سرخ شده در روغن ذرت و روغن زیتون مشاهده شد.

HH

HH شاخص نشان‌دهنده اثر اسیدهای چرب روی متابولیسم کلسترول می‌باشد (Santos-Silva *et al*., 2002). همانطور که در جدول۲ مشاهده می‌شود ، میزان HH در نمونه خام ۰/۵۹می‌باشد. در مطالعات دیگر دامنه HH ۳/۲۳-۰/۲۵ برای گونه‌های مختلف گزارش شده است (Testi *et al*., 2006, Hosseini *et al*., 2014). بیشترین مقدار HH مربوط به نمونه‌های سرخ شده در روغن هسته انگور و ذرت می‌باشد.

AI و TI

شاخص آتروژنیک (AI) و شاخص ترومبوژنیک (TI) توسط Ulbricht و Southgate (۱۹۹۱) پیشنهاد شد. محدوده AI ۲/۳۷- ۰/۳۳ و محدوده TI ۱/۱۸-۰/۰۱ در غذاهای دریایی متفاوت است (Hosseini *et al*., 2014, Delfieh *et al*., 2013, Turan *et al*., 2007, Kalogeropoulos *et al*., 2004, Rose and Connolly 1999). همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، سرخ کردن عمیق اختلاف معنی‌داری در میزان AI نشان می‌دهد (*p*<۰/۰۵). کمترین مقدار TI در نمونه‌های سرخ شده در روغن ذرت مشاهده شد (*p*<۰/۰۵). میزان بالای شاخص‌های AI و TI نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت چربی غذاهای دریایی است. وعده‌های غذایی با میزان کمتر AI و TI ممکن است خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی کرونری را کاهش دهد (Hosseini *et al*., 2014, Rose and Connolly 1999).

تغییرات میزان مواد معدنی

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری در میزان سدیم بین نمونه‌های خام و نمونه‌های سرخ شده در روغن ذرت مشاهده شد (P<۰/۰۵). نتایج Hosseini و همکاران (۲۰۱۴)، Ersoy و Ozeren (۲۰۰۹) با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. مقدار پتاسیم در نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور کاهش معنی‌داری نشان دادند در حالیکه در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون افزایش معنی‌داری داشت(*p*<۰/۰۵). میزان منیزیم نمونه‌های ماهی هامور معمولی پس از سرخ کردن عمیق با روغن زیتون و روغن هسته‌انگور نسبت به نمونه خام اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (P>۰/۰۵). Gokoglu و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که مقدار منیزیم بعد سرخ کردن کاهش می‌یابد. مطابق جدول۳، میزان فسفر و روی و منگنز و آهن در نمونه‌های سرخ شده به روش‌های مختلف با نمونه خام تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (*p*>۰/۰۵). مطالعه Gokoglu و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که روش‌های مختلف پخت تاثیر معنی‌داری بر میزان منگنز ماهی قزل آلای رنگین کمان نداشتند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

میزان مس طی روش‌های مختلف سرخ کردن کاهش معنی داری نشان داد (*p*<۰/۰۵). نتایج مشابهی در مطالعه Ersoy و Ozeren (۲۰۰۹) و Erkan و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. میزان کلسیم ماهی هامور معمولی طی سرخ کردن با روغن زیتون افزایش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵)، در حالیکه Marimuthu و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه روی نوعی ماهی گواف (*Channa striatus*) گزارش کردند که میزان کلسیم بعد از پخت به روش‌های آبپز، سرخ کردن، کباب کردن و گریل کردن تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد. علی پور و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که میزان کلسیم در نمونه خام و پخته شده تفاوت معنی داری نداشتند.

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

تغییرات میزان ویتامین‌های فیله ماهی هامور معمولی

ویتامین‌های A و D ویتامین‌های محلول در چربی می‌باشند. عوامل متعددی از جمله شیوه آماده سازی نمونه‌ها و روش پخت، نقش تعیین کننده‌ای در میزان این ویتامین‌ها دارند. ویتامین‌های محلول در چربی در مقایسه با ویتامین‌های محلول در آب در مقابل حرارت پایدارتر بوده، اما این ویتامین‌ها نیز در برابر حرارت بالا حساس هستند (Kumar and Aalbersberg, 2006). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود مقدار ویتامین A در فیله‌های سرخ شده با روغن زیتون و روغن ذرت افزایش معنی‌داری نشان داد. در این راستا Ersoy و Ozeren (۲۰۰۹) گزارش دادند که ویتامین A در نمونه‌های سرخ شده بیشتر از فیله‌های خام بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. میزان ویتامین D در نمونه‌های خام و سرخ شده ماهی هامور معمولی به روش‌های مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<۰/۰۵$). کاهش میزان ویتامین D ماهی سرخ شده با روغن‌های گیاهی در مقایسه با نمونه خام می‌تواند به علت حل شدن ویتامین D در روغن می‌باشد. Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند که فیله‌های سرخ شده ماهی سفید کاهش معنی‌داری در میزان ویتامین D نشان دادند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

میزان ویتامین B_1 در نمونه‌های سرخ شده تابه‌ای و سرخ کردن عمیق کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). ویتامین B_1 نسبت به دیگر ویتامین‌های گروه B در برابر حرارت مقاومت کمتری داشته (Priestley, 1979) بنابراین دلیل کاهش ویتامین B_1 طی سرخ کردن به روش‌های مختلف را می‌توان شکست حرارتی آن بیان کرد (Lynch *et al*., 2000). در مطالعه Ersoy و Ozeren (۲۰۰۹) و Erkan و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادندکه مقدار ویتامین B_1 در روش‌های مختلف پخت کاهش یافته است. مقدار ویتامین B_3 نیز طی سرخ کردن با روش‌های مختلف کاهش یافته است. تغییرات میزان رطوبت فیله با تغییرات میزان ویتامین‌های محلول در آب ارتباط مستقیمی دارد (Erkan *et al*., 2010). پس می‌توان علت کاهش این ویتامین را کاهش رطوبت طی سرخ کردن دانست.

نتیجه گیری کلی

نتایج مطالعه نشان داد که پروفایل اسید چرب در فیله ماهی سرخ شده با روغن‌های گیاهی مختلف در مقایسه با نمونه خام تغییر پیدا کرد. مقدار امگا-۶ و امگا-۳ در فیله های سرخ شده در مقایسه با نمونه خام به ترتیب افزایش و کاهش نشان دادند. میزان مواد معدنی و ویتامین‌ها در نمونه‌های سرخ شده در مقایسه با نمونه خام تغییر نشان دادند. بررسی شاخص‌های کیفی تغذیه ای، میزان ویتامین‌ها و مواد معدنی نشان داد که ماهی هامور سرخ شده با روغن ذرت بهتر از سایر روغن‌های گیاهی است.

منابع

افخمی، م.، مخلصی، ا.، یحیوی، م.، احسان پور، م.، خزاعلی، آ. و جوادی، آ.، ۱۳۹۲. بررسی ترکیب اسیدهای چرب در دو گونه هامور معمولی (*Epineohelus coioides*) و صبیتی (*Sparidentex hasta*) (پرورشی و دریایی) در استان هرمزگان. مجله آبزیان و شیلات، ۴: ۱۰-۱.

باباخانی لشکانی، آ.، رضایی، م.، حسینی، ه. و بهرانی فر، ن.، ۱۳۸۹. تاثیر روش های پخت بر ترکیبات بدن و اسیدهای چرب عضله ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*). مجله علوم و فنون دریایی ایران، ۹: ۴۸-۳۷.

رضوی شیرازی، ح.، ۱۳۸۰. تکنولوژی فراورده‌های دریایی- علم فرآوری (۲). انتشارات نقش مهر،۲۹۲ ص.

رضوی شیرازی، ح.، ۱۳۸۶. اصول نگهداری و عمل‌آوری فرآورده‌های دریایی. انتشارات پارس نگار، ۳۲۵ ص.

ضیائیان نور بخش، ه.، ۱۳۹۱. تعیین پروفیل اسیدهای چرب و ترکیبات غذایی موجود در گوشت ماهی شوریده (*Otolithes ruber*). مجله علوم غذایی و تغذیه، ۹: ۸۴-۷۷.

علی پور، د.، جواهری بابلی، م. و رومیانی، ل.، ۱۳۹۶. تاثیر روش های مختلف پخت بر مواد معدنی و ویتامین های A و E در فیله ماهی شانک زرد باله *Acanthopagrus latus*. مجله علمی شیلات ایران. ۲۶: ۸۹-۷۹.

قیومی جونیانی، ا.، خوشخو، ژ.، مطلبی، ع. و مرادی، ی. ۱۳۹۰. تاثیر روش های مختلف پخت بر ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی تیلاپیا (*Oreochromisniloticus*). مجله علمی شیلات ایران، شماره ۲: ۱۰۸-۹۷.

Ackman, R.G., 1967. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. Comparative Biochemistry and Physiology, 22(3): 907-922. DOI: 10.1016/0010-406X(67)90781-5.

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499] Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

Ansorena, D., Guembe, A., Mendizábal, T. and Astiasarán, I., 2010. Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. Journal of Food Science, 75(2): H62-H67. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01472.x

AOAC, 1999. Official Method 999.11, Determination of lead, cadmium, copper, iron and zinc in foods.

Arts, M.T., Ackman, R.G. and Holub, B.J., 2001. "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(1): 122-137. DOI:10.1139/f00-224

Broadhurst, C.L., Wang, Y., Crawford, M.A., Cunnane, S.C., Parkington, J.E. and Schmidt, W.F., 2002. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African Homo sapiens. Comparative Biochemistry and Physiology- Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 131: 653-673. DOI: 10.1016/S1096-4959(02)00002-7

Candla, M., Astiasaran, I. and Bello, J., 1998. Deep-fat frying modifies high-fat fish lipid fraction. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 2793-2796. DOI: 10.1021/jf9709616

Cunnane, S.C. and Griffin, B.A., 2002. Nutrition and Metabolism of Lipids, in *Introduction to Human Nutrition*, Gibney, M.J., Vorster, H.H., and Kok, F.J., eds., pp. 81–115. Blackwell Science, Oxford.

De Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L. and Franceschini, S.D.C. C., 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 103(4): 1080-1090. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.10.002

Delfieh, P., Rezaei, M., Hosseini, H., Vali Hosseini, S., Zohrehbakhsh, E. and Regenstein, J.M., 2013. Effects of cooking methods on proximate composition and fatty acids profile of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*). Journal of Aquatic Food Product Technology, 22(4): 353-360. DOI: 10.1080/10498850.2011.652767

Erkan, N., Selçuk, A. and Özden, Ö., 2010. Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. Food Analytical Methods, 3(3): 269-275. DOI: 10.1007/s12161-009-9108-x

Ersoy, B. and Özeren, A., 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chemistry, 115(2): 419-422. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.018

Fatemi, H., 2014. Food Chemistry. Tehran,. Enteshar Corporation Eds press, 480p.

Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry, 226(1): 497-509.

Gall, K.L., Otwell, W.S., Koburgier, J. A. and Appledorf, H., 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. Journal of Food Science, 48(4): 1068-1074. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb09163.x

Gertz, C., 2000. Deep fat frying. A never-ending story? European Journal of Lipid Science and Technology, 505–506.

Ghauomi, Jooyani. A., Khoshkhoo, Z., Motallebi, A. and Moradi, Y., 2011. The effect of different methods on fatty acid composition of tilapia, *(Oreochromis niloticus)*, fillets. Journal of Fisheries Iran, 2: 97-108. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109995

Gokoglu, N., Yerlikaya, P. and Cengiz, E., 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry,

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

84(1): 19-22. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00161-4

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

Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Khosroshahi, N.K. and 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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.10.012

Jalili, S., Pour, F. and Zoriastein, N., 2013. Comparison fatty acid composition of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*); four finger threadfins (*Eleutheronema thetradactylium*) in Khuzestan coastal waters (Persian Gulf). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 13: 826-830. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2013.13.06.962

Kalogeropoulos, N., Andrikopoulos, N. K. and Hassapidou, M., 2004. Dietary evaluation of Mediterranean fish and molluscs pan-fried in virgin olive oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(13): 1750-1758. DOI: 10.1002/jsfa.1878

Kinsella, J.E., 1986. Food components with potential therapeutic benefits: the n-3 polyunsaturated fatty acids of fish oils. Food Technology, Feb: 89-97.

Koubaa, A., Mihoubi, N.B., Abdelmouleh, A. and Bouain, A., 2012. Comparison of the effects of four cooking methods on fatty acid profiles and nutritional composition of red mullet (*Mullus barbatus*) muscle. Food Science and Biotechnology, 21(5): 1243-1250. DOI: 10.1007/s10068-012-0163-5

Kromhout, D., Bosschieter, E.B. and Coulander, C.D.L., 1985. The inverse relationbetween fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease. New England Journal of Medicine, 312(19): 1205-1209. DOI:10.1056/NEJM198505093121901

Kumar, S. and 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(4): 311-320. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.06.007

Larsen, D., Quek, S.Y. and Eyres, L., 2010. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Food Chemistry, 119(2): 785-790. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.07.037

Lynch, P.L.M. and Young, I.S., 2000. Determination of thiamine by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A, 881(1): 267-284. DOI: 10.1016/S0021-9673(00)00089-3

Marimuthu, K., Thilaga, M., Kathiresan, S., Xavier, R. and 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(3): 373-377. DOI: 10.1007/s13197-011-0418-9

Marques, A., Teixeira, B., Barrento, S., Anacleto, P., Carvalho, M. L. and Nunes, M. L., 2010. Chemical composition of Atlantic spider crab (*Maja brachydactyla*): Human health implications. Journal of Food Composition and Analysis, 23(3): 230-237. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.10.007

Moradi, Y., Bakar, J., Syed Muhamad, S.H. and Che Man, Y., 2009. Moisture, fat content and fatty acid composition in breaded and non-breaded deep-fried black pomfret

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

(*Parastromateus niger*) fillets. International Food Research Journal, 16: 225-231.

Pigott, G. M. and Tucker, B., 1990. Seafood: effects of technology on nutrition. CRC press. 104-106.

Portarena, S., Farinelli, D., Lauteri, M., Famiani, F., Esti, M. and Brugnoli, E., 2015. Stable isotope and fatty acid compositions of monovarietal olive oils: Implications of ripening stage and climate effects as determinants in traceability studies. Food Control, 57: 129-135. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.03.052

Priestley, R.J., 1979. Effects of heating on foodstuffs. Applied Science Publishers Ltd. 1139-1140.

Reddy, K.J., Jayathilakan, K. and Pandey, M.C., 2015. Olive oil as functional component in meat and meat products: a review. Journal of Food Science and Technology, 8(5): 1-9. DOI: 10.1007/s13197-015-1852-x

Rose, D.P. and Connolly, J.M., 1999. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. Pharmacology and Therapeutics, 83(3): 217-244. DOI:10.1016/S0163-7258(99)00026-1

Saldanha, T., Benassi, M.T. and Bragagnolo, N., 2008. Fatty acid contents evolution and cholesterol oxides formation in Brazilian sardines *(Sardinella brasiliensis)* as a result of frozen storage followed by grilling. LWT-Food Science and Technology, 41(7): 1301-1309. DOI: 10.1016/j.lwt.2007.08.023

Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B. and Santos-Silva, F., 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. Livestock Production Science, 77(2): 187-194. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00059-3

Sargent, J.R., and Henderson, R.J., 1995. Marine (n-3) polyunsaturated fatty acids. In Developments in Oils and Fats. Springer US. pp. 32-65.

Simopoulos, A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomedicine and Pharmacotherapy, 56(8), 365-379. DOI: 10.1016/S0753-3322(02)00253-6

Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S. and 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(4): 609-617. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.06.026

Sisakhtnezhad, S. Sheikhol-Islami, A. Kiani, A. Mohammadi, B. Darzi-Ramandi, M. Parvin, N. and Bahrami G., 2008. Evaluation of the stability of fatty acid content of natural lipid and frying oils available on the Iranian market during frying. Journal of Medical Sciences, Kermanshah University of Medical Sciences, 12(4): 343-357.

Stancheva, M. and Dobreva, D.A., 2013. Bulgarian marine and freshwater fishes as a source of fat- soluble vitamin for a healthy human diet. Foods, 2: 332- 337. DOI: 10.3390/foods2030332

Taskaya, L., Chen, Y.C., Beamer, S., Tou, J.C. and 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(10): 4259-4266. DOI: 10.1021/jf803974q

Testi, S., Bonaldo, A., Gatta, P.P. and Badiani, A., 2006. Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three farmed fish species. Food Chemistry, 98(1): 104-111. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.05.053

Turan, H., Sönmez, G. and Kaya, Y., 2007. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray *(Raja clavata, L. 1758*) from the Sinop coast in the Black Sea. Journal of Fisheries Sciences, 1(2): 97-103. DOI: 10.3153/jfscom.2007012

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499]
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

Ulbricht, T.L.V. and Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. The Lancet, 338(8773): 985-992.

Unusan, N., 2007. Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhunchus mykiss*) after cooking. Journal of Food Science and Technology, 42: 1087- 1093. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01354.x

Uran, H. and Gokoglu, N., 2014. Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicholus*). Journal of Food Science and Technology, 51(4): 722-728. DOI: 10.1007/s13197-011-0551-5

Varela, G., 1988. Current facts about the frying of food, in Frying of food: Principles, changes, new approaches. Chichester: Ellis Horwood, pp. 9-25.

Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.D.M. and Emanuelli, T., 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. Food Chemistry, 106(1): 140-146. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.05.052

WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, WHO. Geneva.

Zuraini, A., Somchit, M.N., Solihah, M.H., Goh, Y.M., Arifah, A.K., Zakaria, M.S. and Jais, A.M., 2006. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian *Channa* spp. fish. Food Chemistry, 97(4): 674-678. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.04.031

]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116499
Downloaded from isfj.ir at 18:15 +0330 on Sunday November 15th 2020

Effect of frying Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) fillet with different plant oil (Olive oil, Corn oil and Grape seed oil) on fatty acid profile, minerals and vitamins

Momenzadeh Z.[1]; Khodanazary A.[1*]; Ghanemi K.[2]

[*]khodanazary@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marin Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2- Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

Abstract

Aim of this study was determine of fatty acid profile, mineral and vitamins of Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) fried that deep frying with different plant oils (Corn oil, Grape seed oil and Olive oil). Highest and lowest contents of Orange-spotted grouper fillet was saturated fatty acids and polyunsaturated fatty acid, respectively. n-6 content of Orange-spotted grouper fillet with frying in Olive, Grape seed and Corn oil increased to 7.08, 24.30 and 41.59% respectively ($p<0.05$). n-3 content of fried fish sample decreased significantly in comparison with raw fillet. Na content of raw samples and fried samples with Corn oil was decreased ($p<0.05$). K content of fried samples with Grape seed oil was shown to decrease significantly, however increased significantly with olive oil ($p<0.05$). Mg content of fried Orange-spotted grouper with Olive and Grape seed oil was shown no significantly difference in comparison with raw sample. P, Zn, Mn and Fe content were shown no significantly different in fried samples with different plant oil in comparison with raw sample. Cu content was decreased significantly during different frying methods ($p<0.05$). Ca content of Orange-spotted grouper was increased significantly during frying with Olive oil ($p<0.05$). Vitamin A amount in fried fillets increased. Vitamin D amount in different samples of raw and fried in oil was shown no significant differences. Vitamin B_1 and B_3 amount fillets fried in vegetable oil decreased significantly ($P<0/05$). Considering the overall fatty acid profile, vitamin and mineral contents, fried Orange-spotted grouper is the best frying method among other plant oil.

Keywords: Orange-spotted grouper, Frying, Plant oils

*Corresponding authors