مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۹ شماره ۲/ سال ۱۳۹۸/ صفحات ۱۵۱ تا ۱۶۷

تاثیر سرخ شدن در روغن های گیاهی شامل روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور بر پروفایل اسید چرب، اکسیداسیون چربی و خواص حسی فیله ماهی آمور در مقایسه با ماهی خام

سارا گل گلی پور[۱] ، آی ناز خدانظری*[۲] و کمال غانمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۶

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
[۲] استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
[۳] دانشیار گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
*مسئول مکاتبه: Email:khodanazary@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: سرخ کردن عمیق با روغن‌های مختلف می‌تواند بر خواص کیفی ماهی آمور(*Ctenopharyngodon idella*) تاثیر داشته باشد. **هدف**: هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر روش سرخ کردن عمیق با روغن‌های مختلف شامل روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور بر آنالیز تقریبی، پروفایل اسید چرب، میزان تیوباربیتوریک اسید (TBA)، اسید چرب آزاد (FFA) و خواص حسی ماهی آمور بود. **روش کار**: نمونه های فیله ماهی آمور در روغن های گیاهی مختلف با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه سرخ شدند. **نتایج**: میزان چربی و پروتئین طی سرخ کردن فیله‌های ماهی آمور به طور معنی‌داری افزایش و میزان رطوبت و خاکستر کاهش معنی‌داری یافتند. مقدار اسیدهای چرب اشباع (SFA) نمونه‌های سرخ شده عمیق کاهش معنی‌داری داشت ($P<0/05$). مقدار اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور و روغن ذرت تقریبا سه برابر نمونه خام بود. نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های سرخ شده در روغن هسته انگور کاهش معنی‌دار یافت ($P<0/05$). شاخص‌های PUFA/SFA، UFA/SFA و HH در نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور و روغن ذرت افزایش یافتند. میزان TBA و FFA در نمونه ماهی خام به ترتیب ۰/۰۱±۰/۱۹ میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت و ۰/۳۷±۷/۳۵ درصد اولئیک اسید، اندازه‌گیری گردید. میزان TBA نمونه‌های سرخ شده افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). بیشترین میزان TBA مربوط به فیله‌های سرخ شده با روغن هسته‌ی انگور بود. مقدار FFA در نمونه‌های سرخ شده کاهش معنی‌داری را نشان دادند ($P<0/05$). نتایج خواص حسی نشان داد که بافت، بو، مزه رنگ و پذیرش کلی در روش سرخ کردن عمیق با روغن‌های مختلف توسط مصرف کنندگان مورد تایید است. **نتیجه گیری نهایی**: بررسی‌های شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای و اکسیداسیون چربی نشان داد که ماهی آمور سرخ شده با روغن ذرت بهتر از سایر روغن‌های گیاهی است.

واژگان کلیدی: *Ctenopharyngodon idella* ، سرخ کردن عمیق، روغن‌های گیاهی، اسید چرب، اکسیداسیون چربی، ارزیابی حسی

مقدمه

ماهی آمور یا کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، از گونه‌های پرورشی و با ارزش اقتصادی بالا می‌باشد. ماهی آمور شباهت زیادی به ماهی سفید دریای خزر دارد به طوری که آن را ماهی سفید پرورشی می‌نامند. مصرف ماهی و سایر آبزیان به منظور تامین غذا و همچنین فواید آن در حفظ سلامت انسان در سرتاسر جهان در حال افزایش است. علاوه بر این، آبزیان منابع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالا، اسید چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند. تغییرات عمده در ترکیبات بیوشیمیایی، ترکیبات اسیدهای چرب، مقدار ویتامین‌ها و مواد معدنی ماهی طی پخت اتفاق می‌افتد. استفاده از روش‌های مختلف پخت، هر چند سبب بهبود کیفیت خوراکی، افزایش خاصیت طعم و بوی ماهی، کاهش و یا توقف فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و باکتریایی و افزایش مدت زمان ماندگاری ماهی می‌شود (بوگنار ۱۹۹۸)، اما به دلیلی بروز برخی تغییرات کیفی احتمالی در محصول از جمله اکسیداسیون چربی، تاثیر بر میزان ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب فیله ماهی، منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای ماهی پخته شده می‌شود.

روش های پخت به ۳ دسته شامل حرارت خشک (سرخ کردن تابه‌ای[1]، سرخ کردن عمیق[2]، گریل کردن[3]) حرارت مرطوب (آب پز کردن[4]، بخار پز کردن[5]) و روش‌های ترکیبی پخت تقسیم می‌شوند (مرادی و همکاران ۲۰۱۱). در روش حرارت خشک از درجه حرارت بالاتری نسبت به روش مرطوب استفاده می‌شود، به همان میزان، کاهش مواد مغذی حساس به حرارت، بیشتر است. عموما برای پخت ماهیان از روش حرارتی مرطوب که درجه حرارت نسبتا کم است، استفاده می‌شود. بنابراین تخریب مواد مغذی کمتری صورت می‌گیرد، ولی زمان پخت در چنین درجه حرارت کمی طولانی است و این امر منجر به وارد شدن مقدار زیادی مواد مغذی محلول در آب به داخل مایع مورد استفاده برای پخت می شود. برای پخت به روش ترکیبی، پخت با حرارت ملایم استفاده می‌گردد (رسورکش ۱۹۹٤). اگر چه در برخی مناطق، ماهی به صورت خام مصرف می‌شود ولی روش مرسوم، پختن ماهی و مصرف آن می‌باشد. سرخ کردن عمیق یکی از روش‌های معمول پخت می‌باشد که در ایران نیز این روش پخت از طرفداران زیادی برخوردار است.

نوع روغن مورد استفاده بر مقدار جذب روغن در محصول سرخ شده و ترکیب اسیدهای چرب آن موثر است (مرادی و همکارن ۲۰۰۹). پایداری روغن‌های گیاهی در مقابل اکسیداسیون بستگی 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 (سیساختنژاد و همکاران ۲۰۰۸).

ترکیب شیمیایی بدن ماهی از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است. این تفاوت حتی در بین ماهیان یک گونه هم ممکن است مشاهده شود که دلیل اصلی آن تفاوت در سن، شرایط محیطی و فصل است (رضوی شیرازی ۱۳۸٦). تاثیر روش‌های مختلف پخت بر آنالیز تقریبی و اکسیداسیون چربی در گونه‌های مختلف ماهیان مورد مطالعه قرار گرفته است (گوکوگلو و همکاران ۲۰۰٤، ارسوی و همکاران ۲۰۰٦، تورکان و همکاران ۲۰۰۸، وبر و همکاران ۲۰۰۸). کاهش رطوبت نمونه‌ها علاوه بر کاهش وزن (رضوی شیرازی ۱۳۸۰)، ممکن است موجب تغییر ماهیت پروتئین‌های محلول (اصغر زاده ۱۳۸٤)، افزایش تغییرات اکسیداسیون و تغییر رنگ

[1]Pan- frying
[2]Deep- frying
[3]Grilling
[4]Poaching
[5]Steaming

محصول گردد (بن- گریجیری و همکاران ۱۹۹۹). ترکیب چربی، مهمترین فاکتور کیفیت غذایی ماهی بوده (مدینا و همکاران ۱۹۹۵) که با اعمال حرارت دچار تغییر می‌شود (آبورگ و همکاران ۱۹۹۷). میزان پروتئین گوشت فاکتور مهم جهت بیان کیفیت و تعیین خواص کاربردی آن می‌باشد. به طور کلی ماده خوراکی ماهی، سیستم پروتئینی کاملا ارگانیزه‌ای است که معمولا به دلیل حساسیت خاص در طی فرآیندهای مختلف تغییرات قابل توجهی در آن به وجود می آید. تغییراتی که در نهایت بر اختصاصات خوراکی و بازار پسندی آن تاثیر مستقیم دارد (رضوی شیرازی ۱۳۸٦). استفاده از حرارت منجر به دناتوره شدن پروتئین‌ها به ویژه پروتئین‌های میوفیبریل می‌گردد (رودریگز و همکاران ۲۰۰۸).

اسیدهای چرب غیر اشباع در مقایسه با اسید چرب اشباع نسبت به اکسیداسیون ناپایدارتر هستند و طی نگهداری و حرارت دهی میزان آن ها کاهش می یابد (تارلی و همکاران ۲۰۰٤). وجود اتصال مضاعف در اسیدهای چرب ماهی مهم‌رین دلیل تغییر پذیری سریع و کاهش کیفیت این فرآورده می‌باشد (رضوی شیرازی ۱۳۸۰). مطالعات زیادی بر روی تاثیر روش‌های مختلف پخت بر ترکیبات گوشت و لیپید ماهی گونه‌های مختلف انجام شده است. این مطالعات نشان دادند که سطوح EPA و DHA در گونه‌های مختلف و روش‌های مختلف پخت متفاوت است (ساروترا و همکاران ۲۰۱۰، نیکو و همکاران ۲۰۱۰، گارسیا- آریاس و همکاران ۲۰۰۳، گلادیشو و همکاران ۲۰۰٦).

روش‌های مختلف پخت بر خصوصیات کیفی ماهیان از جمله بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی تاثیر دارد (قیومی جونیانی و همکاران ۱۳۹۰). پخت گوشت به روش سرخ کردن منجر به تولید رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها و تغییر طعم و بو می-گردد (سانتی- لهوتلیر و همکاران ۲۰۰۸، پرز- پالاکویس و همکاران ۲۰۱۳). مطلوبیت خصوصیات حسی فیله ماهی پخته شده با توجه به نوع روش پخت متفاوت است. همچنین در نتیجه واکنش قهوه‌ای غیرآنزیمی، واکنش بین پروتئین‌ها و قندهای احیا کننده گوشت انجام می‌گیرد و در نهایت منجر به تغییر طعم و رنگ فرآورده‌ها می‌گردد. تولید بو و طعم در محصولات پخته شده فرآیند پیچیده‌ای است که در نتیجه واکنش ترکیبات متفاوت مانند محصولات ثانویه یا ترکیبات فرار تولید می‌شود. ترکیبات فوران عامل مهمی در تشکیل بوی خاص در محصولات سرخ کردنی می‌باشد. ترکیبات فوران (فوران، ۲-فورفورال، فورفوریل الکل، ۲- پنتیل فوران، ٥- هیدروکسی متیل فورفورال) ناپایدار و منجر به ایجاد بوی مطلوب و دلپذیر می‌گردند. فوران می‌تواند از پیش‌سازهای متنوع طبیعی موجود در غذا مانند آسکوربیک اسید، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و کارتنوییدها تشکیل شود. همچنین دیگر ترکیبات فرار (آلدهیدها، الکل‌ها، آلیفاتیک هیدروکربن‌ها، کتون-ها،پیرازین‌ها، پیریدین‌ها، آروماتیک هیدروکربن‌ها، استرها) نقش مهمی در تولید بو و طعم در نمونه‌های سرخ شده دارند (پرز- پالاکویس و همکاران ۲۰۱۳).

بنابراین هدف از این مطالعه، مقایسه تاثیر روغن‌های مختلف گیاهی شامل روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور بر پروفایل اسید چرب، خصوصیات اکسیداسیون چربی و خواص حسی فیله ماهی آمور بود.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) به صورت تازه در فصل پاییز از مزرعه پرورش ماهیان گرمابی شهید احمدیان شهرستان خرمشهر تهیه شد. متوسط وزن و طول ماهی هامور معمولی به ترتیب ۱٦٥٦ گرم و ۳٦/٥ سانتی‌متر بود. تعداد ماهیان هامور ۲۰ عدد بودند. ماهی‌ها با رعایت شرایط صحیح انتقال به سرعت در جعبه‌های یونولیتی حاوی یخ (نسبت ماهی به یخ ۱ به

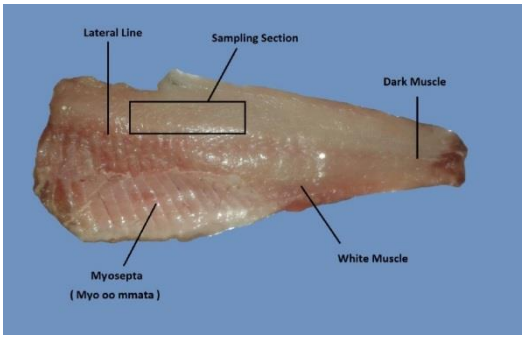
۲ (وزنی/ وزنی)) نگهداری و در مدت کمتر از ۲ ساعت به آزمایشگاه فرآوری واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. در شرایط آزمایشگاهی، نمونه‌ها سرزنی و تخلیه امعا و احشا و با آب سرد شهری شستشو داده شدند. از هر ماهی دو فیله تهیه شد. ۱۰۰ گرم نمونه از بخش فوقانی خط جانبی (شکل ۱) فیله ماهی جهت پخت طبق روش AOAC ۹۷۶/۱۶، دستورالعمل پخت غذاهای دریایی (لارسن و همکاران ۲۰۱۰) و 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 ماهیتابه‌ها حاوی روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور با دمای $180^{o}C$ به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند تا ماهی سرخ شد. دمای روغن با دماسنجی که متصل به لبه ماهیتابه بود، اندازه‌گیری شد. پس از سرخ کردن سبد را تکان داده و نمونه‌ها روی حوله جاذب قرار داده شدند. برای این روش سرخ کردن از روغن زیتون، روغن هسته انگور و روغن ذرت استفاده شد.

آنالیز تقریبی فیله‌های ماهی شامل رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر طبق روش استاندارد آ.او. آ. سی (۲۰۰۲) انجام شد.

آنالیز پروفایل اسید چرب طبق روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) با کمی تغییر با استفاده ازحلال کلروفرم: متانول با نسبت حجمی (v/v۱:۲)، حاوی ۰/۰۱درصد هیدروکسیل تولوئن بعنوان آنتی‌اکسیدان انجام شد. اسید چرب متیل استر (FAME)، با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) فیلیپس مدل GC-PU4400 (Phillips Scientific, Cambridge, UK)، مجهز به ستون مویین کاپیلاری از نوع (BPX70, 60 m ×0.32 mm ID, 0.25-µm film thickness, SGM, Victoria, Australia) و یک آشکار ساز یونیزاسیون شعله‌ای (FID) استفاده گردید. از هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد و حجم نمونه تزریق شده ۰/۲ میکرولیتر بود که به نسبت ۱:۲۰ تقسیم شد. دمای آون برای بالا بردن دما از ۱۶۰ به $180C^{o}$ در ۲۰ درجه بر دقیقه، از ۱۸۰ به $210C^{o}$ در ۱/۵ درجه بر دقیقه و از ۲۱۰ درجه به $230C^{o}$ در ۲۰ درجه بر دقیقه برنامه‌ریزی شد. درجه حرارت به ترتیب در ۵، ۱۰، ۳ و ۵ دقیقه در ۱۶۰، ۱۸۰، $210C^{o}$ و در دمای نهایی نگه‌داری شد. دمای آشکار ساز و محل تزریق به ترتیب، ۲۸۰ و $240C^{o}$ تنظیم شد. شناسایی اسید چرب و اندازه‌گیری آنها بر اساس نقاط پیک FAME و استفاده از نرم افزار (Prague, Czech, Republic) Clarity™ DataApex انجام شد.

شاخص‌های تیوباربیتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد طبق روش تقطیر با استفاده از روش سیریپاتراوان و نویفا (۲۰۱۲) و روش ووی وودا و همکاران (۱۹۸۶) به ترتیب اندازه گیری شدند.

تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه[2] بررسی شده و نتایج بصورت میانگین ±خطای معیار بیان شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار آنالیز آماری SPSS 16 استفاده گردید.



شکل ۱- فیله ماهی آمور

Figure 1- Grass carp fillet

[1] Flame Ionization Detector

[2] One- way ANOVA

نتایج و بحث

نتایج آنالیز تقریبی ترکیبات فیله خام و سرخ شده با روغن‌های مختلف ماهی آمور در جدول ۱ آورده شده است. چربی و رطوبت ماهی آمور خام به ترتیب ۱/۷۸ و ۷٤/۳۳ درصد می‌باشد. میزان رطوبت در تیمارهای سرخ شده با روغن‌های متفاوت کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵). حرارت بالای اعمال شده جهت سرخ کردن فیله‌ها باعث کاهش رطوبت شده است. میزان چربی در فیله‌های سرخ شده افزایش یافته است. دلیل اصلی افزایش چربی را می‌توان با نفوذ روغن مایعی که ماهی در آن سرخ می‌شود، توجیه کرد. بطوری که طی عمل سرخ کردن، پس از اینکه آب گوشت بر اثر تبخیر کاهش پیدا کرده، بجای آن روغن در بافت عضله ماهی نفوذ می‌کند (گارسیا- آریاس و همکاران ۲۰۰۳، گلادیشو و همکاران ۲۰۰٦). نتایج حاصل از مطالعه ال- صغیر و همکاران در سال ۲۰۰٤ بر روی ماهی سالمون پرورشی با نتایج حاضر مطابقت دارد. میزان چربی به طور معکوس با میزان رطوبت در ارتباط است بطوریکه هرچه میزان رطوبت کاهش یابد میزان چربی افزایش می‌یابد (لارسن و همکاران ۲۰۱۰). این افزایش چربی باعث افزایش کالری ماهی سرخ شده نیز می‌شود (گوکوگلو و همکاران ۲۰۰٤).

میزان پروتئین یک شاخص مهم برای بیان کیفیت گوشت و تعیین خواص کاربردی آن است (رضوی شیرازی ۱۳۸۰). میزان پروتئین در تیمارهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داده است (P<۰/۰۵). بیشترین میزان پروتئین در نمونه‌ی سرخ شده با روغن زیتون می‌باشد. میزان خاکستر در نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های مختلف در مقایسه با نمونه خام تفاوت معنی‌داری نداشت (P >۰/۰۵).

ترکیب چربی ماهی و سایر آبزیان طی مراحل مختلف نگه‌داری و فرآوری دچار تغییر شده و مهم‌ترین عامل افت کیفیت این محصولات را رقم می‌زند (آکمن، ۱۹۸۸). تغییر اسیدهای چرب در روش‌های مختلف پخت در چندین مطالعه مشاهده شدند (حسینی و همکاران ۲۰۱٤، نف و همکاران ۲۰۱٤، لارسن و همکاران ۲۰۱۱، آنسورنا و همکارانف ۲۰۱۰، وبر و همکاران ۲۰۰۸، کالوگروپولوس و همکاران ۲۰۰٤).

بر اساس جدول ۲ نتایج تغییرات پروفایل اسیدهای چرب فیله‌های ماهی آمور خام و سرخ شده آورده شده است. بیشترین میزان اسید چرب در بین اسیدهای چرب مختلف ماهی آمور خام مربوط به اولئیک اسید (C18:1) از اسیدهای چرب تک غیر اشباع بود؛ بعد از آن پالمیتیک اسید (C16:0) از اسیدهای چرب اشباع و سپس لینولئیک اسید (C18:2) از اسیدهای چرب چند غیر اشباع می‌باشد. بنابراین الگوی نسبی اسیدهای چرب ماهی آمور خام ارائه شده در این مطالعه، MUFA>SFA>PUFA می‌باشد. نتیجه مطالعه حاضر با بررسی Neff و همکاران (۲۰۱٤) بر ماهی کپور معمولی و مطالعه‌ی وبر و همکاران (۲۰۰۸) روی گربه ماهی نقره‌ایی مطابقت داشت. اگرچه مشخص شد PUFA بیشترین مقدار از کل اسیدهای چرب موجود در ماهی قزل آلا رنگین کمان را تشکیل می‌دهند (تستی و همکاران ۲۰۰٦).

میزان اسیدهای چرب اشباع نمونه‌های خام ۲۸/۰۳ درصد بود. مقدار SFA در نمونه‌های سرخ شده عمیق کاهش معنی‌داری داشت. به ترتیب مقدار SFA در نمونه‌های سرخ شده در روغن ذرت (۲۱/۳۰ درصد)، سپس روغن هسته انگور (۲۲/٤۳ درصد) و بعد از آن نمونه‌های سرخ شده در روغن زیتون (۲٦/۵۸ درصد) کمتر از سایر تیمارها بود (P< ۰/۰۵). میزان اسیدهای چرب اشباع بدلیل افزایش دما کاهش می‌یابد. همچنین کاهش اسید چرب اشباع در ماهی سرخ شده ممکن است در ارتباط با ترکیب روغن‌های گیاهی باشد (وبر و همکاران ۲۰۰۸). در روش‌های پختی که دما زیر ^{o}C ۱۵۰ است، اسیدهای چرب اشباع تغییر چشمگیری نخواهد داشت اما با افزایش دما بخصوص در شرایط حضور اکسیژن میزان اسیدهای چرب اشباع کاهش

می‌یابد (قیومی جونیانی و همکاران ۱۳۹۰). در مطالعاتی که توسط لارسن و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین اوران و گوکوگلو (۲۰۱٤) صورت گرفت، نشان دادند که فیله‌های سرخ شده عمیق کمترین میزان SFA را داشتند. وبر و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود گزارش کردند، مقدار SFA در روش سرخ کردن عمیق با روغن سویا و کانولا افزایش و در روغن نباتی هیدروژنه کاهش یافته است.

در این مطالعه میزان اولئیک اسید (C18:1) در بین دیگر اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در فیله ماهی آمور بیشترین مقدار بود. سرخ کردن عمیق (با روغن زیتون) باعث افزایش اولئیک اسید نسبت به نمونه‌های خام شد. نتیجه حاضر با نتایج حاصل از مطالعات آنسورنا و همکاران (۲۰۰۸)، وبر و همکاران (۲۰۰۸)، گال و همکاران (۱۹۸۳) مطابقت دارد. روغن زیتون یکی از روغن‌های سرخ کردنی مصرف‌کنندگان در ایران است و منبع خوبی از اولئیک اسید می‌باشد (پورتارنا و همکاران ۲۰۱۵، ردی و همکاران ۲۰۱۵، سیون و همکاران ۲۰۰٦). میزان MUFA نمونه‌های سرخ شده با نمونه‌ی خام تغییر معنی‌داری را نشان نداد ($P> ۰/۰۵$). در مطالعه مشابه صورت گرفته بر ماهی سفید دریای خزر توسط باباخانی و همکاران (۱۳۸۹)، گزارش شده است که مقدار MUFA در نمونه‌های پخته شده کاهش یافته است.

افزایش PUFA در نمونه‌های سرخ شده با از دست دادن رطوبت طی سرخ کردن در ارتباط است (سیون و همکاران ۲۰۰٦). محققان مختلفی در بررسی‌های خود گزارش دادند که روش سرخ کردن عمیق باعث افزایش PUFA شده است (بابا خانی و همکاران ۱۳۸۹ و سو و باب ۲۰۰۷). در بررسی وبر و همکاران (۲۰۰۷)، تفاوت PUFA در روش سرخ کردن با روغن گیاهی هیدروژنه و ماهی خام معنی‌دار نبود، اما ماهی سرخ شده با روغن سویا حاوی بالاترین میزان PUFA بود و تفاوت آن با دیگر تیمارها معنی‌دار بود. در مطالعه حاضر مقدار PUFA نمونه‌های سرخ شده در روغن زیتون افزایش کمتری نسبت به روغن ذرت و هسته انگور داشت؛ وارلا (۱۹۹۸) بیان کرد، روغن زیتون ساختار خوشه‌ای دارد؛ این ساختار از انتقال چربی روغن سرخ کردنی به غذا جلوگیری می‌کند.

مهمترین اسیدهای چرب امگا-۳ اندازه‌گیری شده در این مطالعه لینولنیک اسید (C18:3 n-3)، ایکوزاپنتانوئیک اسید (C20:5 n-3) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6 n-3) هستند. لینولنیک اسید در منابع گیاهی فراوان است و از آن‌جایی که ماهی آمور گیاه خوار است، بنابراین لینولئیک اسید (C18:2 n-6) بیشترین اسید چرب از گروه امگا-٦ در فیله‌های ماهی آمور است (لارسن و همکاران ۲۰۱۱). در این مطالعه مقدار اسیدهای چرب امگا-٦ بیشتر از اسیدهای چرب امگا-۳ می‌باشند (جدول۲). نتایج حاضر با نتایج حاصل از مطالعات ولیگ و بابی (۱۹۸۸) و مرادی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-٦ در ماهیان آب شیرین بیشتر از ماهیان دریایی است. لارسن و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود گزارش دادند، میزان EPA و DHA کاهش معنی‌دار در نمونه-های سرخ شده داشتند. نسبت DHA/EPA در روش-های مختلف پخت نسبت به حالت خام تغییر معنی‌داری نداشتند ($P> ۰/۰۵$).

نتایج شاخص های کیفی در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص‌های PUFA/SFA و UFA/SFA به عنوان پارامترهایی به منظور بررسی کیفیت تغذیه‌ای غذاهای دریایی استفاده می‌شوند (لارسن و همکاران ۲۰۱۱). مقدار کمتر از ۰/٤ برای شاخص PUFA/SFA در یک رژیم غذایی سالم توصیه می‌شود (دبلیو. اچ. او ۲۰۰۳). رژیم غذایی حاوی مقدار بالا PUFA/SFA و UFA/SFA باعث کاهش آتروژنیست ی[1] و

[1] Atherogenicity

ترومبوژنیستی[1] می‌شود (فهیلی و همکاران ۱۹۹٤). مقدار شاخص PUFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده با روغن هسته انگور و ذرت بیشتر از دو تیمار دیگر بود. مقدار شاخص UFA/SFA نمونه‌های سرخ کردن عمیق افزایش یافته بود (P> ۰/۰۵). احتمالا دلیل افزایش شاخص‌های PUFA/SFA و UFA/SFA در نمونه‌های سرخ شده عمیق جذب روغن در حین سرخ کردن می-باشد. وبر و همکاران (۲۰۰۸)، دریافتند که شاخص‌های PUFA/SFA و UFA/SFA بین نمونه‌های سرخ شده عمیق در سه نوع روغن سویا، کانولا و روغن نباتی هیدروژنه در گربه ماهی نقره‌ای تفاوت معنی‌داری وجود داشت. چندین گزارش از تاثیرات متفاوت شاخص‌های PUFA/SFA و UFA/SFA بر متابولیسم چربی وجود دارد (حسینی و همکاران ۲۰۱٤، مارکوس و همکاران ۲۰۱۰ و کالوگروپولوس و همکاران ۲۰۰٤). نسبت n-3/n-6 به عنوان یک شاخص زیست دارویی[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد (یانار و همکاران ۲۰۰۷). در مطالعه وبر و همکاران (۲۰۰۸) عنوان شده که شاخص n-3/n-6 به همراه چند شاخص زیست دارویی دیگر استفاده می‌شود. اسیدهای چرب مهم گروه امگا-۳ شامل: لینولنیک اسید، ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید و اسیدهای چرب مهم گروه امگا-٦ شامل: لینولئیک اسید و آرشیدونیک اسید می-باشند (بلیتز و گروش ۱۹۹۹). میزان نسبت n-3/n-6 از ۱:۱ تا ٥:۱ در غذاهای انسانی نشان‌دهنده جیره غذایی سالم برای غذای انسان است (زوراینی و همکاران ۲۰۰٦). نسبت n-3/n-6 در نمونه‌های سرخ شده در روغن ذرت و هسته انگور نسبت به دو تیمار دیگر کاهش معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). حسینی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که دامنه نسبت n-3/n-6 از ۰/۲٤ تا ٤/۱ در گونه‌های ماهی متفاوت است. در این بررسی میزان نسبت n-3/n-6 در همه‌ی نمونه‌های ماهی آمور خام و پخته شده در محدوده توصیه شده توسط WHO بود (گلادیشو و همکاران ۲۰۰٦). در مطالعه گلادیشو و همکاران (۲۰۰٦) گزارش شد که در ماهی خام نسبت n-3/n-6 تقریبا ۷ برابر سرخ شده بود. در مطالعه حاضر، نسبت n-3/n-6 از ۰/۳۳ در ماهی خام به ۰/۰۷ در ماهی سرخ شده رسید. این پدیده به دو علت می‌تواند رخ دهد؛ یکی آن‌که میزان اسیدهای چرب امگا-۳ در فرآیند سرخ کردن کم می‌شود و دلیل دیگر که احتمال آن بیشتر است و اکثر محققان نیز آن را تایید کرده‌اند، انتقال اسیدهای چرب امگا-٦ (از جمله لینولنیک اسید) از روغن سرخ کردنی به بافت ماهی مرتبط است (سیون و همکاران ۲۰۰٦). دلفیه و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خود کمترین نسبت n-3/n-6 را در نمونه‌های سرخ شده مشاهده کردند.

اثر اسیدهای چرب خاص روی متابولیسم کلسترول بوسیله نسبت HH نشان داده می‌شود (سانتوس-سیلوا و همکاران ۲۰۰۲). در این مطالعه دامنه HH از ۱/۸٦ تا ۳/۹۲ می‌باشد. در مطالعات دیگر دامنه HH ۰/۳-۲٥/۲۳ برای گونه‌های مختلف گزارش شده است (حسینی و همکاران ۲۰۱٤، فیلهو و همکاران ۲۰۱۰ و تستی و همکاران ۲۰۰٦). مقدار HH نمونه‌های سرخ شده عمیق بیشتر از تیمار خام بود.

دو شاخص شامل: شاخص آتروژنیک AI و شاخص ترومبوژنیک TI توسط اولبریچت و سوتگات (۱۹۹۱) پیشنهاد شد. ارزش تغذیه‌ای لیپید (EPA، DHA و ...) با ارزش شاخص‌های کیفی لیپید (AI و TI) ارتباط عکس دارند (اولبریچت و سوتگات ۱۹۹۱). حسینی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش دادند که 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 (حسینی و همکاران ۲۰۱٤ و روزا و همکاران ۲۰۰۷). دامنه AI از ۲/۳۷ تا ۰/۳۳ و دامنه TI از ۱/۱۸ تا ۰/۰۱ در غذاهای دریایی متفاوت

[1] Thrombogenicity

[3] Biomedical

است (حسینی و همکاران ۲۰۱٤، فیلهو و همکاران ۲۰۱۰، کالوگروپولوس و همکاران ۲۰۰٤، توران و همکاران ۲۰۰۷، دلفیه و همکاران ۲۰۱۳ و روزا و همکاران ۲۰۰۷). میزان AI و میزان TI با سرخ کردن ماهی آمور کاهش یافته بود. میزان بالای شاخص‌های AI و TI نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت چربی غذاهای دریایی است.

محصولات ثانویه حاصل از اکسیداسیون چربی بوسیله ی شاخص تیوباربیتوریک اسید به عنوان میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت اندازه گیری می-شود. شکل ۲ تغییرات میزان TBA تیمارهای مختلف ماهی سرخ شده با روغن‌های زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور در ماهی آمور را نشان می‌دهد. میزان TBA در تیمار خام ۰/۱۹ میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت بود. میزان TBA در نمونه‌های سرخ شده با روغن‌های مختلف در مقایسه با نمونه خام به طور معنی دار بیشتر بود (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از مطالعه انجام شده توسط آنسورنا و همکاران در سال ۲۰۱۰ با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. افزایش میزان TBA در فیله‌های سرخ شده در روغن-های مختلف گیاهی نسبت به نمونه خام را می‌توان با حرارت اعمال شده جهت سرخ کردن ماهی و جذب روغن توسط فیله‌ها توجیه کرد. میزان TBA در ماهی سرخ شده با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور به ترتیب ۱/۷۰، ۱/۷۵، ۳/۰۱ میلی‌گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت بود. ماهی آمور سرخ شده با روغن هسته انگور دارای بالاترین میزان TBA در مقایسه با دو روغن دیگر بود. میزان TBA در نمونه-های سرخ شده با روغن زیتون و روغن ذرت از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (P> ۰/۰۵). کاهش میزان TBA در فیله سرخ شده با روغن زیتون به دلیل دارا بودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی روغن زیتون بوده است (آنسورنا و همکاران ۲۰۱۰). روغن ذرت دارای آنتی‌اکسیدان (ویتامین E) می باشد. ویتامین E یا توکوفرول علاوه بر اثرات خاص ویتامینی، دارای خواص مشخص آنتی‌اکسیدان است و در واقع توجه به توکوفرول‌ها در مواد غذائی بیشتر مربوط به همین خاصیت آنتی‌اکسیدانی آنها می‌باشد (فاطمی ۱۳۹۱).

مطالعات مشابهی در مورد تاثیر سرخ کردن با روغن-های مختلف بر روی فیله ماهی بر تغییرات میزان TBA توسط آنسورنا و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش شده است.

مقادیر بالای ٤-۳ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم، کیفیت پایین محصولات را نشان می‌دهد (کاراکام و همکاران ۲۰۰۲). در مطالعه انجام شده میزان تیوباربیتوریک اسید در تمام نمونه‌های خام و سرخ شده پایین تر از حد استاندارد بود. بنابراین همه نمونه-ها جهت مصرف مناسب می‌باشند.

شکل ۳ تغییرات اسیدهای چرب آزاد را در نمونه‌های خام و سرخ شده فیله‌ی ماهی آمور را نشان می‌دهد. مقدار اسیدهای چرب آزاد در نمونه خام ۷/۳۵ درصد اولئیک اسید بود. میزان اسیدهای چرب آزاد در نمونه-های سرخ شده در مقایسه با نمونه خام به طور معنی-داری کاهش نشان داد (P<۰/۰۵). کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد در فیله‌های سرخ شده به دلیل خروج اسیدهای چرب آزاد فرار در خلال حرارت‌دهی و همچنین غیر فعال شدن آنزیم‌ها می‌باشد (ال-صغیر و همکاران ۲۰۰٤). استفاده از روغن‌های مختلف طی سرخ کردن ماهی تاثیری بر میزان اسیدهای چرب آزاد نداشتند (P> ۰/۰۵).

در جریان حرارت‌دهی ماهی بدلیل تخریب اسیدهای چرب غیر اشباع، محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی تولید می‌شوند که به نوبه‌ی خود منجر به قهوه‌ای شدن (پوکورنی ۱۹۸۱)، تشکیل ترکیبات فلورسانس (معروف و همکاران،۱۹۹، لوبیس و بوکل ۱۹۹۰) و تغییر در طعم و مزه (کونرت-کیرچوف و بالته ۱۹۹۰) می‌شود. سرخ کردن آبزیان بر خصوصیات کیفی ماهیان از جمله بافت، طعم، بو، رنگ

و پذیرش کلی تاثیر دارد (قیومی جولیانی و همکاران ۱۳۹۰).

نتایج ارزیابی حسی بین نمونه‌های سرخ شده با روغن-های مختلف در جدول ٤ آمده است. در بین ویژگی‌های بافت، بو ، طعم، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌های سرخ شده از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P> ۰/۰۵). بافت نمونه‌های سرخ شده با توجه به جذب چربی در طول سرخ کردن نرم می‌شود (اوران و گوکوگلو ۲۰۱٤). مطابق با نتایج بدست آمده از ارزیابی حسی که توسط قیومی جونیانی و همکاران در سال ۱۳۹۰ و مطالعه‌ای که توسط اوران و گوکوگلو در سال ۲۰۱٤ صورت گرفتند، نشان داده شدند که نمونه-های سرخ شده با روغن از مقبولیت بیشتری برخوردار هستند. با توجه به نتایج حاصله مشخص شد، تیمارهای سرخ شده با روغن‌های مختلف دارای مقبولیت کلی در بین مصرف‌کنندگان است. سرخ کردن عمیق مواد غذایی در زندگی روزمره محبوبیت زیادی دارد. دلیل آن را می‌توان آماده سازی سریع و مناسب بودن خصوصیات حسی (رنگ، طعم، بو و بافت)، را بیان کرد. سرخ کردن عمیق با روغن روشی است که اغلب به خاطر ویژگی عطر و طعم ویژه‌ای که به مواد غذایی می‌دهد به شدت توسط مصرف کنندگان قدردانی می-شود (سیون و همکاران ۲۰۰٦).

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-٦ در فیله‌های سرخ شده در مقایسه با نمونه خام افزایش نشان داد. میزان تیوباربیتوریک اسید و اسید چرب آزاد در نمونه-های سرخ شده در مقایسه با نمونه خام به ترتیب افزایش و کاهش یافتند.

جدول۱- تغییرات آنالیز تقریبی ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) خام و سرخ شده عمیق با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور

Table 1- Changes of proximate composition of raw and deep-fried grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) with olive oil, corn oil and grape seed oil

treatments	Moisture (%)	Fat (%)	Protein (%)	Ash (%)
Raw	74.33±1.85^{a}	1.78±0.17^{c}	17.19±0.79^{b}	1.45±0.05^{a}
Fried with olive oil	59.33±4.05^{b}	7.88±1.13^{ab}	21.69±1.36^{a}	1.76±0.48^{a}
Fried with corn oil	53.70±0.39^{b}	8.63±0.89^{b}	20.06±1.10^{ab}	1.76±0.28^{a}
Fried with grape seed extract	54.25±0.82^{b}	5.86±0.37^{a}	19.36±0.58^{ab}	1.33±0.06^{a}

Results are mean± standard error of triplicates.

Means within the same row having different superscripts are significantly different (P < 0.05).

جدول ۲- پروفایل اسیدهای چرب (٪) ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) خام و سرخ شده عمیق با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور

Table 2- Fatty acid composition (%) of raw and deep-fried grass carp with olive oil, corn oil and grape seed oil

Fatty acid	Raw	Fried with olive oil	Fried with grape seed oil	Fried with corn oil
C14	2.06±0.04^{a}	1.92±0.10^{a}	1.34±0.01^{b}	1.05±0.01^{c}
C16	22.65±0.19^{a}	21.19±0.03^{b}	17.21±0.06^{c}	17.13±0.10^{c}
C18	3.28±0.03^{a}	3.40±0.03^{b}	3.82±0.19^{b}	3.07±0.04^{b}
C24	0.07±0.01^{a}	0.06±0.01^{a}	0.04±0.01^{a}	0.05±0.01^{a}
∑ SFA	28.03±0.21^{a}	26.58±0.11^{b}	22.43±0.14^{c}	21.30±0.09^{d}
C 16:1	12.77±0.16^{a}	11.40±0.37^{b}	6.85±0.03^{c}	5.52±0.08^{d}
C 18:1	34.29±4.12^{b}	51.04±6.48^{a}	35.85±0.04^{b}	38.42±0.09^{b}
∑ MUFA	47.16±4.18^{a}	62.44±6.76^{a}	42.70±0.08^{a}	43.95±0.17^{a}
C 18 2w6	8.10±0.59^{b}	9.70±0.89^{b}	28.82±0.13^{a}	29.40±0.13^{a}
C 20 4w6	0.75±0.04^{a}	0.73±0.04^{a}	0.64±0.01^{a}	0.53±0.01^{b}
∑ n6	8.85±0.60^{b}	10.43±0.93^{b}	29.93±0.15^{a}	29.93±0.15^{a}
C 18:3 n3	2.28±0.09^{a}	2.19±0.12^{a}	2.38±0.10^{a}	1.66±0.14^{b}
C 20: 5 n3	0.21±0.02^{a}	0.17±0.01^{a}	0.21±0.06^{a}	0.25±0.09^{a}
C 22:6 n3	0.46±0.04^{a}	0.43±0.06^{a}	0.43±0.06^{a}	0.34±0.04^{a}
∑ n3	2.95±0.13^{a}	2.80±0.19^{ab}	3.03±0.10^{b}	2.25±0.26^{a}
∑ PUFA	11.81±0.48^{b}	13.23±1.13^{b}	32.97±0.08^{a}	32.19±0.41^{a}

Results are mean± standard error of triplicates.

Means within the same row having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۳- میزان شاخص‌های کیفی تغذیه‌ای ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) خام وسرخ شده عمیق با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور

Table 3- Nutritional quality indices (NQI) of raw and deep-fried grass carp (*Ctenopharngodon idella*) with olive oil, corn oil and grape seed oil

Nutritional index	Raw	Fried with Olive oil	Fried with grape seed oil	Fried with corn oil
PUFA/SFA	0.41±0.01^{b}	0.49±0.03^{b}	1.46±0.00^{a}	1.50±0.02^{a}
UFA/SFA	2.09±0.16^{c}	2.84±0.26^{b}	3.38±0.01^{a}	3.57±0.03^{a}
n-3/n-6	0.33±0.03^{a}	0.26±0.00^{a}	0.09±0.00^{b}	0.07±0.00^{b}
EPA+DHA	0.59±0.09^{a}	4.17±0.31^{a}	3.54±1.00^{a}	2.60±0.75^{a}
HH*	1.86±0.18^{a}	0.61±0.07^{a}	0.65±0.00^{a}	0.59±0.13^{a}
AI**	0.52±0.03^{c}	2.70±0.26^{b}	3.68±0.01^{a}	3.92±0.01^{a}
TI***	0.75±0.04^{a}	0.38±0.03^{b}	0.29±0.00^{c}	0.27±0.00^{c}
ARA/EPA	3.64±0.58^{a}	0.59±0.05^{b}	0.48±0.00^{b}	0.48±0.01^{b}
DHA/EPA	2.15±0.11^{a}	2.46±0.34^{a}	2.61±1.04^{a}	1.56±0.33^{a}

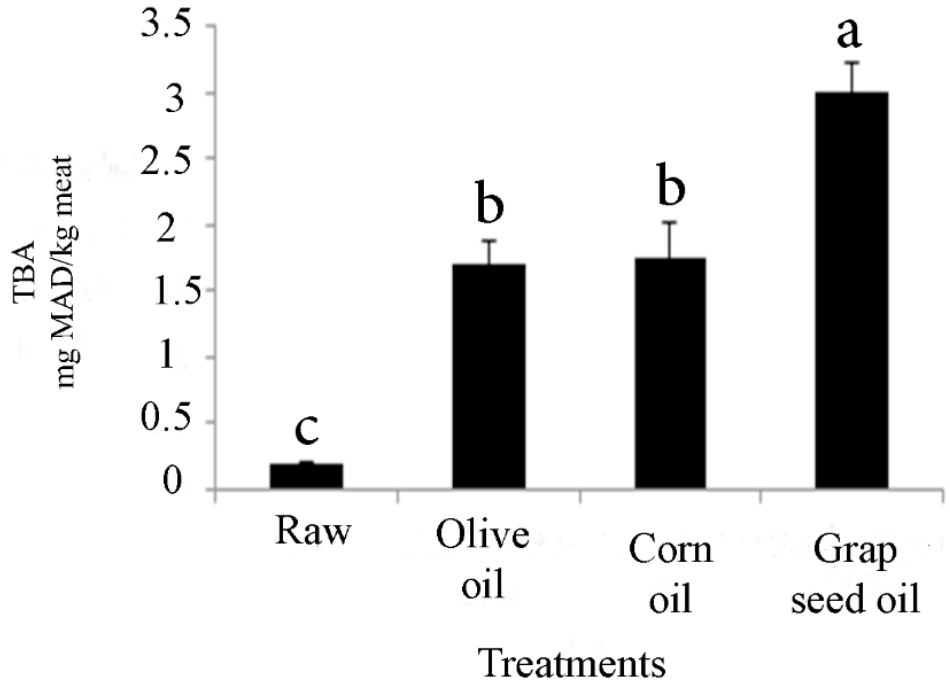
Results are mean± standard error of triplicates.

Means within the same row having different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

* 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]

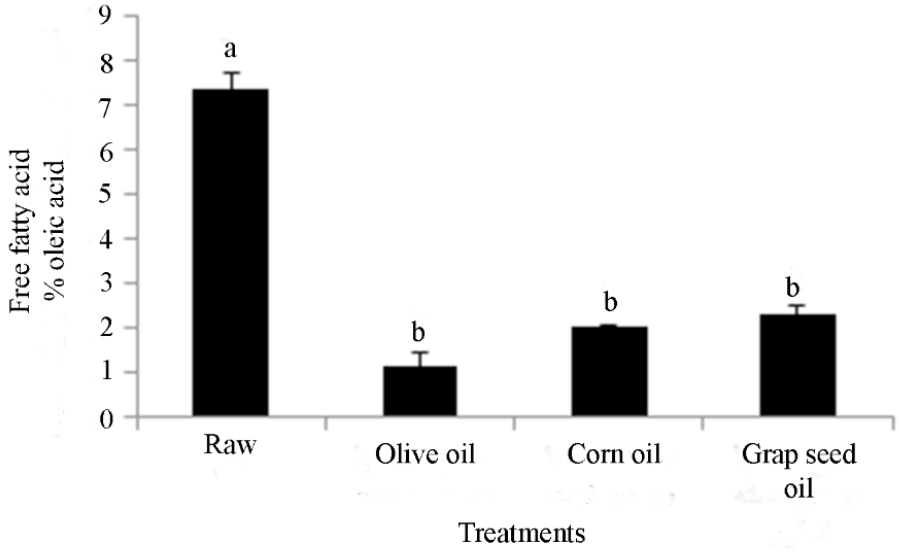
** TI = [C14:0 + C16:0 + C18:0] / [0/5 MUFA+0/5 (n-6 PUFA) + 3 (n-3 PUFA + (n-3 PUFA/n-6 PUFA]



شکل ۲- میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) خام وسرخ شده عمیق با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور

Figure 2- TBA value of raw and deep-fried grass carp (*Ctenopharngodon idella*) with olive oil, corn oil and grape seed oil

a-b-c indicated significant difference ($P < 0.05$)



شکل ۳- میزان اسید چرب آزاد ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) خام وسرخ شده عمیق با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور (درصد اولئیک اسید)

Figure 3- FFA value of raw and deep-fried grass carp (*Ctenopharngodon idella*) with olive oil, corn oil and grape seed oil (% oleic acid)

a-b indicated significant difference ($P < 0.05$)

جدول۴- مقایسه خواص حسی ماهی آمور (*Ctenopharngodon idella*) سرخ شده با روغن زیتون، روغن ذرت و روغن هسته انگور

Table 4- comparison of sensory properties of deep-fried of grass carp (*Ctenopharngodon idella*) with olive oil, corn oil and grape seed oil

Treatments	Texture	Color	Odor	Flavor	Overall likeness
Fried with olive oil	4.10±0.27[a]	3.80±0.41[a]	3.70±0.36[a]	4.10±0.27[a]	4.10±0.23[a]
Fried with corn oil	4.20±0.32[a]	4.00±0.29[a]	3.90±0.31[a]	4.00±0.42[a]	4.00±0.33[a]
Fried with grape seed extract	4.40±0.26[a]	4.60±0.22[a]	4.40±0.30[a]	4.40±0.22[a]	4.70±0.15[a]

Results are mean± standard error of triplicates.
Means within the same row having different superscripts are significantly different (P < 0.05).

منابع مورد استفاده

اصغر زاده ا، ۱۳۸٤، تغییرات کیفیت پروتئین و چربی گوشت چرخ شده شسته و نشسته ماهی فیتوفاگ در زمان نگهداری به حالت منجمد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گرگان، ٦٨ ص.

باباخانی آ، رضایی م، حسینی ه، بهرامی فر ن، ۱۳۸۹، تاثیر روش‌های پخت بر ترکیبات بدن و اسیدهای چرب عضله ماهی سفید دریای خزر *(Rutillus frisii kutum)*. مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۹، ۳۹-۵۰.

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

رضوی شیرازی ح، ۱۳۸٦، اصول نگهداری و عمل‌آوری فرآورده‌های دریایی. انتشارات پارس نگار، ۳۲۵ ص.

فاطمی ح، ۱۳۹۱، شیمی مواد غذایی، انتشارات شرکت سهامی انتشار.٤٨٠ ص.

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

Al-Saghir S, Thurner K, Wagner KH, Frisch G, Luf W and Razzazi- Fazeli E, 2004. Effects of different cooking procedure on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 5290-5296.

AOA. 2002. Official Methods of Analysis. 13th edn. Washington DC, USA, 1094.

Ansorena D, Guembe A, Mendizabal T and Astiasaran I, 2010. Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. International Journal of Food Science and Technology 75:62-67.

Aubourg S, Gallardo JM and Medina I, 1997. Changes in lipids during different sterilizing conditions in canning albacore (*Thunnus alalunga*) in oil. International Journal of Food Science and Technology 32: 427-431.

Belitz HD and Grosch W, 1999. Lipids. In Food Chemistry. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 184-185.

Ben-Gigirey B, De Sousa JM, Villa TG and Barros-velazqez J, 1999. Chmical changes and visual appearance of albacore tuna as relate to frozen storage. Journal of Food Science 64: 20-24.

Bognar A, 1998. Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. Grasas y Aceites 49: 250-260.

Delfieh P, Rezaei M, Hosseini H, Vali Hosseini S, Zohrehbakhsh E and Regenstein JM, 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: 353-360.

Ersoy B, Yanar Y, Kucukgulmez A and Celik 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.

Fehily AM, Pickering JE, Yarnell JWG and Elwood PC, 1994. Dietary indices of atherogenicity and thrombogenicity and ischaemic heart disease risk: the caerphilly prospective study. British Journal of Nutrition 71: 249-251.

Filho MMR, Ramos MIL, Hiane PA and Souza EMTD, 2010. Nutritional value of seven freshwater fish species from the Brazilian pantanal. Journal of the American Oil Chemists' Society 87: 1461–1467.

Folch J, Lees M and Sloane-Stanley GH, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biochemistry and Physiology 226: 497-509.

Gall KL, Otwell WS, Koburger JA 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: 1068-1073.

García-Arias MT, Álvarez Pontes E, García-Linares MC, García- Fernández MC and Sánchez-Muniz FJ, 2003. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. Food Chemistry 83: 349-356.

Gladyshev MI, Sushchik NN, Gubaneko GA, Demirchieva SM and Kalachova GS, 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Onchorhynchus gorbuscha*). Food Chemistry 96: 446-451.

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 84: 19-22.

Hosseini H, Mahmoudzadeh M, Rezaei M, Mahmoudzadeh L, Khaksar R, Khosroshahi NK 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.

Kalogeropoulos N, Andrikopoulos NK 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: 1750-1758.

Karacam H, Kutlu S and Kose S, 2002. Effect of salt concentrations and shelf life of brined anchovies. International Journal of Food Science and Technology 37: 19-28.

Kunert-Kirchhoff J and Baltes W, 1990. Model reactions on rost aroma formation. Volatile reaction products from the reaction of phenylalanine with 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3-(2H)-furanone (Furaneol) by cooking in a laboratory autoclave. Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung and Forschung 190: 14-16.

Larsen R, Eilertsen KE and Elvevoll EO, 2011. Health benefits of marine Foods and ingredients. Biotechnology Advances 29: 508–518.

Larsen D, Quek SY and Eyres L, 2010. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Food Chemistry 119: 785-790.

Lubis Z and Buckle K, 1990. Rancidity and lipid oxidation of dried-salted sardines. International Journal of Food Science and Technology 25: 295-303.

Marques A, Teixeira B, Barrento S, Anacleto P, Carvalho ML and Nunes ML, 2010. Chemical composition of Atlantic spider crab Maja brachydactyla: Human health implications. Journal of Food Composition and Analysis 23: 230-237.

Maruf F, Ledward D, Neale R and Poulter R, 1990. Chemical and nutritional quality of Indonesian dried-salted mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). International journal of Food Science and Technology 25: 66-77.

Medina I, Sacchi R and Aubourg SP, 1995. A 13C-NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. Journal of the Science of Food and Agriculture 69: 445-450.

Moradi Y, Bakar J, Motalebi AA, Syed Muhamad SH and Che Man Y, 2011. A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. Journal of Aquatic Food Product Technology 20: 379-390.

Moradi Y, Bakar J, Syed Muhamad SH and Che Man Y, 2009. Moisture, fat content and fatty acid composition in breaded and non-breaded deep-fried black pomfret (*Parastromateus niger*) fillets. International Food Research Journal 16: 225-231.

Neff MR, Braekevelt SP, Braekevelt E and Arts MT, 2014. Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. Food Chemistry 164: 544- 550.

Nikoo M, Rahimabadi EZ and Salehifar E, 2010. Effects of frying-chilling-reheating on the lipid content and fatty acid composition of cultured sturgeon (*Huso huso*, Beluga) fillets. Journal of Aquatic Food Product Technology 19: 120-129.

Pérez-Palacios T, Petisca C, Henriques R and Ferreira IMPLVO, 2013. Impact of cooking and handling conditions on furanic compounds in breaded fish products. Food and Chemical Toxicology 55: 222-228.

Pokorny´, J. 1981. Browning from lipid-protein interactions. Progress in Food Nutrition and Science 5: 421-428.

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.

Reddy KJ, Jayathilakan K and Pandey MC, 2015. Olive oil as functional component in meat and meat products: a review. Journal of Food Science and Technology 52: 1-9.

Resurreccion AVA, 1994. Cookery in muscle food. In: Muscle foods, meat, poultry and seafood technology. (Ed. Donald M. Kinsman., Anthony W. Kotula and Burdette C. Breidenstein). Chapman and Hall, New York, USA. 406-430.

Rodríguez A, Carriles N, Cruz JM and Aubourg SP, 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (− 1.5 ºC). LWT-Food Science and Technology 41: 1726-1732.

Rosa R, Bandarra NM and Nunes ML, 2007. Nutritional quality of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822): a positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. International Journal of Food Science and Technology 42: 342-351.

Santos-Silva J, Bessa RJB 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: 187-194.

Santos-Silva J, Bessa RJB 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: 187-194.

Sarotra P, Sharma G, Kansal S, Negi AK, Aggarwal R, Sandhir R and Agnihotri N, 2010. Chemopreventive effect of different ratios of fish oil and corn oil in experimental colon carcinogenesis. Lipids 45: 785-798.

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: 609-617.

Siripatrawan U and Noipha S, 2012. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. Food hydrocolloids 27: 102-108.

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 12: 343-357.

Su X and Babb JR, 2007. The effect of cooking process on the total lipid and n-3 LC-PUFA content of Australian Bass Strait Scallops, Pectenfumatus. Asian Pacific Journal Clinical Nutrition 16: 407-411.

Tarley CRT, Visentainer JV, Matsushita M and de Souza NE, 2004. Proximate composition, cholesterol and fatty acids profile of canned sardines (*Sardinella brasiliensis*) in soybean oil and tomato sauce. Food Chemistry 88: 1-6.

Testi S, Bonaldo A, Gatta PP and Badiani A, 2006. Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three farmed fish species. Food Chemistry 98: 104-111.

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: 97-103.

Türkkan AU, Cakli S and Kilinc B, 2008. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). Food and Bioproducts Processing 86: 163-166.

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: 722-728.

Ulbricht TLV and Southgate DAT, 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. The Lancet, 338(8773): 985-992.

Varela G, 1988. Current facts about the frying of food. Frying of food. Principles, changes, new approaches. Chichester*:* Ellis Horwood.

Vlieg P and Body DR, 1988. Lipid contents and fatty acid composition of some New Zealand freshwater finfish and marine finfish, shellfish, and roes. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 22: 151-162.

Weber J, Bochi VC, Ribeiro CP, Victório ADM 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: 140-146.

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.

Woyewoda AD, Shaw SJ, Ke PJ and Burns BG, 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian Technical Report of Fish and Aquatic Science. 1448.

Yanar Y, Kucukgulmez A, Ersoy B and Celik M, 2007. Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. Journal of Muscle Foods 18: 88-94.

Zuraini A, Somchit MN, Solihah MH, Goh YM, Arifah AK, Zakaria MS, ... and Jais AM, 2006. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. fish. Food Chemistry 97: 674-678.

Effectiveness of fried in different plant oils including olive oil, corn oil and grape seed oil on fatty acid profile, lipid oxidation and sensory properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet compared with raw fish

S Golgolipour[1], A khodanazary[*2], K Ghanemi[3]

;

Received: September 21, 2016 Accepted: anuary 16, 2018

[1]MSc student of Seafood Processing of Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
[2]Assistant professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
[3]Associate professor, Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
[*]Corresponding author: Email: khodanazary@yahoo.com

Introduction: Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, family Cyprinidae) is one of the main fresh water fish species and highly demanded aquaculture species in Iran. Among the cultivated fish, grass carp, also called farmed white fish, has received great attention because of its similarity to Caspian white fish in Iran. The muscle of fish contains important levels of macronutrient and micronutrient which are beneficial to health. Cooking method can lead to a loss of the nutritional value of foods. The proper cooking methods are important for preserving maximum nutritional value such as proximate, vitamin, mineral and the fatty acid composition. Fatty acid is one of the most important healthy aspects of fish consumption. The fatty acids in fish based on the number of double bonds are saturated fatty acid (SFA), mono unsaturated fatty acid (MUFA) and poly unsaturated fatty acid (PUFA), but it is clear that individual fatty acids within these groups have distinct biological properties and health effects. Seafood is the only excellent source of the long chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs) such as arachidonic acid (ARA), eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5 n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22:6 n-3) which have markedly different biological functions and physiological properties compared to the shorter chain PUFAs such as α-linolenic acid and linoleic acid. The polyunsaturated fatty acids are considered to be susceptible to oxidation during heating compared with saturated fatty acids. However, in some studies, the EPA and DHA contents remained stable in different species of fish during different cooking methods. The nutritional quality index (NQI) of fatty acid profile and their biological functions are necessary health effects of fatty acids of fish. NQI is calculated by several indices of fatty acid composition including indices of atherogenicity (IA) and the thrombogenicity (IT); hypocholesterolemic/ hypercholesterolemic fatty acid ratio (HH); EPA+ DHA, PUFA/ SFA-stearic acid; PUFA/ SFA ratio; n-3/n-6 PUFA ratios and ARA/ EPA and UFA/ SFA ratios.

Material and methods: On arrival at the laboratory, fresh fish were washed with cold water and filleted and cut into slices with a thickness of 1 cm by hand, and then the fish samples were cooked using AOAC 976.16 procedure. Different cooking procedures were selected as common processing methods used by consumers. The fish fillet samples were placed in a wire mesh basket and immersed in olive oil in a deep fryer for 5 min at 180 ºC. After frying, the basket was shaken and the samples placed on absorbent paper towels. After the cooking process, the samples were cooled to room temperature and the skin and backbone of the samples were removed. All fish in each lot were homogenized using a kitchen blender and analyzed to determine proximate composition, fatty acid composition, minerals and vitamins contents. All assays were conducted on triplicate samples of the homogenates. Proximate composition of cooked and uncooked fish was measured in triplicate for moisture, protein, lipid and ash contents. The moisture content of fish was determined by drying the meat in an oven at 105 ºC until a constant weight was obtained.

The crude protein was measured by converting the nitrogen content determined by Kjeldahl's method (6.25 × N). The lipid content was extracted by the AOAC (2002) method using the Soxhlet system. Ash content was determined gravimetrically in a muffle furnace by heating at 525 ºC for 24 h. Fatty acids were extracted from fish samples according to the method demonstrated by Folch *et al*., (1957) with modification. Fatty acids of the extracts were then converted to fatty acid methyl esters (FAMEs). FAMEs were analyzed using a Phillips GC-PU4400 (Phillips Scientific, Cambridge, UK) equipped with a fused silica capillary polar column (BPX70, 60 m×0.32 mm ID, 0.25-µm film thichness, SGM, Victoria, Australia) and a flame ionization detector (FID). The temperature of the injector and FID were 240 and 280 ºC, respectively. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and free fatty acid (FFA) value was determined. Significant differences between means were determined by one- way analysis of variance (ANOVA) using SPSS16.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Duncan's test was used to compare the means. A significance level of $p<0.05$ was used.

Results and discussion: Fat and protein contents significantly increased during frying of grass carp fillet and moisture and ash contents significantly decreased (P<0.05). The moisture content of raw fillets was 74.33%, showing a decrease after cooking because of the denaturation of protein structure and evaporation of water during cooking. The fat content significantly increased in deep-frying cooking method compared with raw fillet, due to the oil penetration after water is evaporated during frying. The total lipid content of the fish samples was inversely related to the moisture content. The increase of protein, fat and ash content was found to reduce moisture content. A relative pattern of fatty acid content presented in raw fillet was MUFA>SFA>PUFA. Saturated fatty acid (SFA) of deep-frying samples significantly decreased, while monosaturated fatty acid (MUFA) content of frying samples with raw samples did not show (P>0.05). Polyunsaturated fatty acid (PUFA) content of frying samples with grapseed oil and corn oil was triplicate of raw samples approximately. The n-3/n-6 ratio in raw grass carp fish was 0.33. The n-3/n-6 ratio significantly decreased in samples fried with grapeseed oil (P<0.05). PUFA/SFA, UFA/SFA and HH index increased in fried samples with grapeseed oil and corn oil. Deep-fried of grass carp fillets caused a significant decrease of n-3 content due to the oil absorption during frying. TBA and FFA levels in samples of raw fish was determined 0/19± 0/01 mg malonaldehyde/kg of meat and 7/35± 0/37 % oleic acid. The TBA fried samples showed a significant increase (P<0.05). The highest of TBA content was fillet fried with grapseed oil. FFA content in fried samples showed a significant decrease. The results of sensory properties showed that texture, smell, taste, color and overall acceptability of different methods of deep frying oil is approved by Consumers.

Conclusion: Considering the overall nutritional quality indices and lipid oxidation showed that fried grass carp with corn oil is the best frying method among other plant oil.

Keywords: *Ctenopharyngodon idella*, Deep frying, Plant oils, Fatty acid, Fat oxidation, Sensory evaluation