Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 14-25 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۱۴-۲۵ (۱۴۰۲)

بررسی تأثیر سرخ کردن سوسیس ماهی حاصل از کپور نقره‌ای (*Hypophthalmicthhys molitrix*) در روغن‌های مختلف گیاهی: تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب

ریحانه جباری، سید ولی حسینی*، محمدعلی نعمت‌الهی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹**

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر سرخ کردن سوسیس ماهی کپور نقره‌ای با روغن‌های مختلف گیاهی بر ترکیب اسیدهای چرب و کیفیت تغذیه‌ای چربی آن بود. ابتدا به روش شستشو، از ماهی کپور نقره‌ای سوریمی تهیه، سپس همراه با سایر اقلام غذایی و افزودنی‌ها، از آن سوسیس تهیه شد. سپس سوسیس‌های تهیه شده با چهار نوع روغن گیاهی (روغن‌های زیتون و کلزا و سویا و آفتابگردان) به روش غوطه‌وری در روغن سرخ گردیدند (دمای ۳±۱۸۰ درجه سانتی‌گراد). تغییرات ناشی از اثر سرخ کردن در روغن‌های مختلف گیاهی بر ترکیب اسید چرب و کیفیت تغذیه‌ای چربی در سوسیس‌های سرخ شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نوع روغن سرخ کردنی بر ترکیب اسید چرب و کیفیت تغذیه‌ای چربی آن تأثیر معنی‌داری دارد ($P\leq$۰/۰۵). سوسیس‌های سرخ شده با روغن زیتون و آفتابگردان به‌ترتیب دارای بیشترین (۲۸/۷) و کمترین (۱۳/۹) مقدار اسیدهای چرب اشباع شده (برحسب درصد) بودند. همین روند در خصوص مقادیر اسیدهای چرب تک غیراشباع مشاهده شد. اما در خصوص اسیدهای چرب چند غیراشباع نتایج برعکس بود به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب در سوسیس‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان و زیتون مشاهده شد. اگر چه از نظر مجموع اسیدهای چرب امگا-۳، سوسیس‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان بالاترین مقدار را در بین سایر تیمارهای آزمایشی برخوردار بودند، اما از نظر نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ (n3/n6) ، بالاترین مقدار در خصوص سوسیس‌های سرخ شده در روغن کلزا مشاهده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اگرچه سوسیس‌های پخته شده با روغن‌های مختلف گیاهی حاوی عمده اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز انسان‌ها (شامل لینولئیک و آلفا-لینولنیک) هستند، اما با توجه به سهم بالای اسیدهای چرب امگا-۶ در تمامی روغن‌های آزمایشی، مصرف برنامه‌ریزی شدهٔ آن‌ها توصیه می‌شود.

کلید واژگان: ماهی کپور نقره‌ای، سوریمی، سوسیس ماهی، سرخ کردن، روغن‌های گیاهی، پروفایل اسید چرب

*نویسنده مسئول hosseinisv@ut.ac.ir

مقدمه

در دو دهۀ گذ شته تو صیه به م صرف آبزیان افزایش یافت اســـت. از دلا یل مهم چنین اق بالی، آ گاهی جام عه از سودمندی‌های نهفته در م صرف آبزیان ا ست. از بین مواد مغذی ارزشـــمند موجود در بخش خوراکی ماهی، چربی آن بیش از سایرین مورد توجه قرار گرفته ا ست. چربی ماهیان واجد مقدار زیادی از اســـیدهای چرب چندغیر اشـــباعی (Polyunsaturated Fatty Acids) اســـت که جزء مواد ضـــروری جهت رشـــد و نمو، عملکرد بهتر اندام‌هایی نظیر شبکیه چشم، مغز و غیره می‌باشد. از طرفی دیگر، محققین ثابت کردند که مصـــرف منظم ماهیان و به‌دنبال آن جذب اسیدهای چرب موجود در چربی آن‌ها، می‌تواند عامل مهمی در پیشگیری از بیماری‌های مختلف باشد (Ulbricht and Southgate, 1991). از همین‌رو، در بین م نابع پروتئینی جانوری، ماهیان به‌عنوان غذای فراســـودمند و حتی غذای برتر شناخته شده‌اند. با وجود چنین خاصیتی است که عمدۀ پزشـــکان مصـــرف حداقل دو وعده ماهی در هفته را جهت حفظ ســـلامتی عمومی و پیشـــگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی توصیه می‌کنند (Lauritzen *et al*., 2001).

براسا آمارهای ارائه شده از سازمان‌های معتبر بین‌المللی و ملی، متأسفانه مصرف ماهی در کشور ما بسیار کمتر از متوسط سرانه مصرف آبزیان در جهان می‌باشد. براساس آمار منتشر شده، سرانه مصرف آبزیان در جهان به‌طور متوسط حدود ۲۰ کیلوگرم می‌باشد اما این میزان در کشور ما و براساس آخرین آمار سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، در حدود نصف متوسط جهانی است. این در حالی است که ایران دارای فرصت عرضۀ انواع آبزیان به جامعه مصرف‌کنندگان خود از طریق صید و بهره‌برداری از آب‌های آزاد و همچنین به سبب قرارگیری در عرض‌های مختلف جغرافیایی و به‌دنبال آن تنوع دمایی، دارای فرصت کم نظیری در جهت تولید آبزیان (گرم‌آبی و سردآبی) از طریق پرورش در منابع آبی مختلف خود است. بررسی‌های میدانی موانع متعددی را در کاهش سرانه مصرف ماهیان در کشورمان ذکر کرده‌اند (اگرچه عمدۀ آن‌ها در سطح جهانی وجود داشته و مختص کشور ما نیست). از جمله آن‌ها بوی زُهم ماهی، میزان زیاد چربی غیراشباع توأم با بوی تند ناشی از اکسیداسیون آن، اُفت سریع کیفی و سرعت بالای فساد آن، وجود استخوان‌های بین عضلانی فراوان و دشواری مصرف آن، تشخیص ندادن مناسب ماهی تازه توسط مصرف‌کنندگان، نبود دسترسی به ماهی تازه در مناطق غیرشیلاتی، مشکلات پوست کندن و پاک کردن آن برای مصرف‌کنندگان خانگی (مشکلات مرتبط با آماده‌سازی)، عدم معرفی تنوع در شیوه های مصرف ماهی و عدم آگاهی کافی از سودمندی ناشی از مصرف ماهی در مقایسه با سایر محصولات پروتئینی می باشند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۵). از همین‌رو، به‌منظور غلبه بر بخشی از مشکلات ذکر شده و همچنین تنوع بخشی در عرضه محصولات شیلاتی برای جذب افراد بیشتر به سمت آبزی مصرفی، کارشناسان، تولید فرآورده‌های متنوع از منابع اولیه شیلاتی را در مقایسه با شکل غالب مصرف فعلی آن ها، یکی از راهکارهای افزایش سرانه مصرف آبزیان می‌دانند که تولید سوسیس از ماهیان می‌تواند یکی از آن‌ها باشد.

سوسیس، یکی ازمعروف‌ترین محصولات با ارزش افزوده مبتنی بر مواد اولیۀ پروتئینی می‌باشد که در سال‌های اخیر بیشتر شناخته شده است. سوسیس فرآورده‌ای است که در آن گوشت، طی فرآیندهای مختلف به فرآورده‌ای تبدیل می گردد که دارای خواص حسی و شرایط نگهداری مطلوب‌تر و بهتر می‌باشد (عرب و همکاران، ۱۳۹۶). سوسیس ماهی، فـرآورده‌ای است کـــه از اخـــتلاط گوشت چرخ شده ماهی و یا سوریمی آن به‌تنهایی یا همراه با گوشت دام یا ماکیان، با سایر افزودنی‌ها نظیر روغن و چربی، ادویه‌جات و نشاسته تولید می‌شود. این مخلوط در روکش‌های مناسب بسته‌بندی شده و بعد از گره‌زنی تحت فرآیند حرارتی قرار می‌گیرد (Shaviklo, 1996). این محصول در سال‌های اخیر توانسته است به‌عنوان یک فرآوردۀ شیلاتی، جایگاه ویژه‌ای را در میان مصرف‌کنندگان آبزیان پیدا کند.

به‌منظور تهیه سوسیس ماهی، از انواع ماهیان وحشی و پرورشی می‌توان استفاده نمود. انتخاب گونه مورد استفاده به عواملی چندی از جمله فراوانی، قیمت، بازده و کیفیت گوشت آن بستگی دارد. به‌نظر می‌رسد استفاده از گوشت چرخ شده و یا سوریمی حاصل از ماهی کپور نقره‌ای در ترکیب سوسیس ماهی انتخاب نسبتاً خوبی باشد. علت این انتخاب می‌تواند به فراوانی و دسترسی بالاتر آن نسبت به سایر ماهیان پرورشی، قیمت و بوی زُهم نسبتاً کمتر و دارا بودن عمده ترکیبات مغذی ارزشمند (مرحمتی‌زاده، ۱۳۸۶)، مربوط باشد. با وجود این، به مانند تمام مواد غذایی گوشتی که برای آماده‌سازی نهایی آن‌ها جهت مصرف، از حرارت و روغن

شکل ۱- سوریمی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای

استفاده می‌گردد، شیوهٔ سرخ کردن و نوع روغن مصرفی بر خصوصیات تغذیه‌ای آن‌ها از جمله ترکیب اسید چرب و کیفیت تغذیه‌ای آن مؤثر است. از آنجا که برای آماده‌سازی نهایی سوسیس، عمدتاً از روش سرخ کردن استفاده می‌شود و نظر به آنکه نوع روغن مصرفی بر ترکیب محصول نهایی و همچنین برجنبه‌های تغذیه‌ای چربی موجود در سوسیس سرخ شده موثر است، محققین همیشه در حال بررسی این موضوع هستند که از چه نوع روغن برای سرخ کردن آن مادهٔ غذایی استفاده کنند که مناسب‌ترین ترکیب اسید چرب را به مصرف‌کننده منتقل نماید. با این رویکرد، پژوهش حاضر در نظر دارد میزان تأثیر سرخ کردن سوسیس ماهی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای را در چهار نوع از پرمصرف‌ترین انواع روغن‌های گیاهی موجود در بازار ایران (روغن سویا، آفتابگردان، کلزا و زیتون) بر ترکیب اسید چرب و شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای آن مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

تهیه سوریمی از ماهی کپور نقره‌ای: برای تهیه سوریمی ابتدا محتویات شکمی ماهیان کپور نقره‌ای (گرم ۳۰±۸۹۰) تخلیه و پوست و استخوان ستون فقرات آن کاملاً جدا شد. سپس ماهی‌ها شسته و گوشت آن جدا، سپس در دستگاه چرخ گوشت خانگی (پارس خزر، ایران) چرخ گردید. سه مرتبه آن را با نسبت ۱ به ۳ از گوشت چرخ شدهٔ ماهی با آب سرد (دمای کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد) شستشو داده شد. در مرحله سوم شستشو از آب حاوی ۲ درصد کلرید سدیم استفاده شد. هر مرحله شستشو (خیساندن در آب) ۵ دقیقه طول کشید که طی این مدت، به‌طور دائم مخلوط گوشت ماهی و آب توسط همزن، به آرامی هم زده شد و بعد از هر بار شستشو، فرصت ته‌نشینی و آنگاه آبگیری از گوشت انجام شد. به‌منظور آبگیری حداکثر از گوشت بازیافت شده در مرحله سوم شستشو، از وزنه‌ای نسبتاً سنگین برای فشرده‌سازی گوشت (به‌مدت ۲۰ دقیقه در شرایط سرد) استفاده شد (Park, 2006). محصول به‌دست آمده سوریمی خام بوده (شکل ۱) که برای تهیه سوسیس از آن استفاده شد.

تهیه سوسیس ماهی کپور نقره‌ای: برای تهیه سوسیس ماهی کپور نقره‌ای از مواد با فرمولاسیون ارائه شده در جدول ۱ استفاده شد. در ابتدا سوریمی تولید شده با نمک و سدیم تری پلی‌فسفات برای مدت ۲ دقیقه با همزن به‌خوبی مخلوط شد. سپس مخلوطی از یخ/آب (به اندازهٔ یک‌سوم از کل مقدار محاسبه شده)، کنسانتره پروتئین سویا و نشاسته سیب‌زمینی به دستگاه همزن اضافه و برای مدت یک دقیقه دیگر مخلوط هم‌زده شد. بعد از آن، چربی گاو و آرد را به‌طور جداگانه به دستگاه اضافه و عمل مخلوط کردن برای هر کدام به مدت یک دقیقه انجام شد. سپس چاشنی ها و یک سوم دیگر از مخلوط یخ/آب اضافه گردید. در مرحله آخر سایر مواد افزودنی و بخش پایانی مخلوط یخ/آب را به مابقی افزوده و عمل مخلوط کردن توسط دستگاه برای ۲ دقیقه دیگر صورت گرفت. سپس خمیر سوسیس در لفاف‌های سلولزی با قطر ۲۵mm با استفاده از دستگاه پرکننده الکتریکی پر شد. در مرحله بعد، سوسیس‌ها در بن ماری با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۳۵ دقیقه قرار گرفت تا فرآیند پاستوریزاسیون انجام شود (دمای مرکز سوسیس‌ها باید به ۷۲ درجه سانتی‌گراد برسد). سپس بلافاصله با آب سرد خنک شد (Prabjarin and Pongsawatmanit, 2011). در این مرحله بافت و خصوصیات حسی سوسیس‌های تولید شده ارزیابی شد.

جدول ۱- فرمولاسیون سوسیس ماهی کپور نقره‌ای

ماده	مقدار (در صد)
سوریمی	۶۲
یخ	۱۰
آرد	۷
کنسانتره پروتئین سویا	۸
نشاسته سیب زمینی	۸
نمک	۰/۲
سدیم تری پلی فسفات	۰/۵
فلفل قرمز	۰/۲
فلفل سیاه	۰/۳
شکر	۰/۵
سیر	۱
جوز هندی	۰/۳
زنجبیل	۰/۲

سرخ کردن سوسیس با روغن‌های زیتون، آفتابگردان، کلزا و سویا: روغن‌های مورد نیاز تحقیق حاضر از سوپرمارکت زنجیره‌ای رفاه خریداری شد. ابتدا سوسیس‌ها از طریق برش عرضی و به قطر تقریبی یک سانتی‌متر قطعه‌قطعه شد. آنگاه در ۴ ماهی‌تابه جداگانه و هر کدام دارای یکی از روغن‌های آزمایشی و به روش غوطه‌وری، به‌مدت ۳ دقیقه سرخ شدند و پس از سرخ شدن، قطعات سوسیس بر روی کاغذ صافی گذاشته شد تا روغن مازاد آن گرفته شود و به دمای محیط برسد.

تعیین ترکیب اسیدهای چرب: برای استخراج چربی، مقدار ۱ گرم نمونه به درون دکانتور انتقال یافت، سپس ۷ میلی‌لیتر متانول به نمونه اضافه گردید. دکانتور به‌مدت ۱ دقیقه به شدت تکان داده شد. سپس ۱۴ میلی‌لیتر محلول کلروفرم به آن اضافه گردید و دوباره به‌مدت ۱ دقیقه به شدت تکان داده شد. در ادامه دکانتورها در یک مکان تاریک به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. جهت جداسازی چربی از حلال، به کمک دکانتور فاز آلی جدا و در شرایط نسبتاً گرم، حلال آن توسط گاز ازت تبخیر خارج و نهایتاً چربی به‌دست آمد (Folch *et al*., 1957). سپس به‌منظور استری کردن چربی، از روش Firestone و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد. ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲٪ (۲ گرم NaOH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) به ۵۰ میلی‌گرم چربی استخراج شده اضافه گردید. سپس درب ظرف بسته و به‌شدت تکان داده شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خنک شدن محلول، ۲/۵ میلی‌لیتر محلول BF_3 (تری بور فلوراید) به ترکیبات فوق اضافه شد و به‌مدت ۳-۲ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. به مواد حاصل ۱ میلی‌لیتر هگزان نرمال اضافه و بعد از تکان دادن مواد به آن ۱ میلی‌لیتر محلول نمک اشباع (۳۰۰ گرم NaCl در ۱ لیتر آب مقطر) اضافه گردید. محلول به‌دست آمده به شدت تکان داده شد و در جایی ساکن، مستقر گردید. بعد از پدیدار شدن دو فاز جداگانه، فاز بالایی به دقت جدا گردید. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) فیلیپس مجهز به ستون کاپیلاری از نوع SGE (60m×0/32mm ID×0/25 µm- film thickness) و آشکارساز یونش شعله‌ای (Flame Ionization detector; FID) استفاده گردید. دمای آشکار ساز و محل تزریق به‌ترتیب بر روی ۲۸۰ و ۲۴۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. ۰/۲ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. بعد از مدت ۵ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه رسانده شد. به‌مدت ۱۰ دقیقه دما در این درجه باقی ماند و سپس با سرعت ۱ درجه

سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از یک دقیقه، دمای ستون با سرعت ۳۰ درجه سانتی گراد در دقیقه تا دمای ۲۳۰ افزایش یافت. در انتها ستون به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳۰ باقی ماند تا تمام ترکیبات از آن خارج گردد. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹/۹۹۹ درصد) به‌عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹ درصد) به‌عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به‌دست آمده از محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استر، اسیدهای چرب موجود در عضلهٔ ماهی شناسایی شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید.

آنالیز آماری: تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمون واریانس یک‌طرفه بررسی شد. جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای آنالیز آماری یافته‌های حاصل از تحقیق، از نرم‌افزار آنالیز آماری SPSS16 استفاده گردید.

نتایج

ترکیب اسیدهای چرب: مقادیر اسیدهای چرب اشباع (SFA)، تک غیراشباع (MUFA) و چند غیراشباع (PUFA) به‌ترتیب در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج، مقادیر تمامی اسیدهای چرب اشباع سنجش شده به استثنای اسید استئاریک در نمونه‌های سرخ شده نسبت به نمونه خام (سرخ نشده/نپخته)، کمتر بوده است ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان اسید استئاریک در نمونه سرخ شده در روغن کلزا مشاهده گردید (۵/۶۹ درصد). سپس به ترتیب در نمونه سرخ‌شده در روغن آفتابگردان، زیتون و سویا اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان اسید چرب اشباع، متعلق به اسید چرب پالمیتیک بود که میزان آن در سوسیس خام (۲۰/۴ درصد) و بعد از آن در سوسیس سرخ شده با روغن زیتون (۱۱/۷ درصد) و کمترین مقدار آن در سوسیس سرخ شده در روغن آفتابگردان (۶/۲۲ درصد) اندازه‌گیری گردید. بیشترین و کمترین مجموع کل اسیدهای چرب اشباع (SFA) به‌ترتیب در نمونه‌های خام/سرخ نشده (۲۸/۷ درصد) و نمونه‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان (۱۴/۰ درصد) مشاهده شد (شکل و جدول ۲ ;$P\leq$۰/۰۵).

در خصوص مقادیر اسیدهای چرب تک غیراشباع نیز نتایج نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر سهم این دسته از اسیدهای چرب تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان مجموع اسید چرب تک غیراشباع در نمونه سرخ شده در روغن زیتون (۶۱/۷ درصد) اندازه‌گیری شد. بعد از آن به‌ترتیب در نمونه سرخ شده در روغن کلزا، سوسیس خام، سویا و آفتابگردان اندازه‌گیری شد. در بین اسیدهای چرب تک غیراشباع، بیشترین سهم مربوط به اسید چرب اولئیک بود که در تیمار مرتبط با روغن زیتون بالاترین مقدار را نشان داد (۵۹/۳ درصد). در دیگر اسیدهای چرب تک غیراشباع اندازه‌گیری شده مقادیر آن‌ها در نمونه خام نسبت به نمونه‌های سرخ شده، بیشتر بود (شکل و جدول ۳).

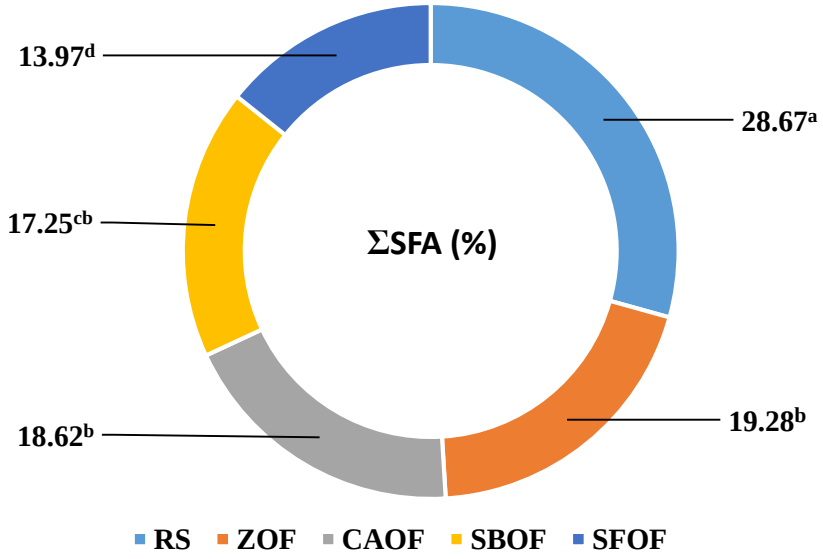
از نظر محتوای اسیدهای چرب چند غیراشباع نیز نتایج آنالیز آماری نشان داد که اگرچه سرخ کردن سوسیس در روغن‌های مختلف گیاهی منجر به بروز تفاوت معنی‌داری در مقادیر برخی از اسیدهای چرب چند غیراشباع بلند زنجیره می‌گردد ($P\leq$۰/۰۵)، اما همچنان مقدار دو اسید چرب مهم یعنی مقدار EPA و DHA در نمونه سوسیس خام/سرخ نشده بالاتر از سوسیس‌های سرخ شده بود. بیشترین و کمترین مقدار مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع به‌ترتیب در نمونه سرخ شده با روغن آفتابگردان (۵۷/۵ درصد) و زیتون (۱۹/۰ درصد) اندازه‌گیری گردید (جدول ۴). نتایج آنالیز ترکیب اسیدهای چرب در این بخش نشان داد که اسید چرب لینولئیک (C18:2n-6)، که جزء اسیدهای چرب ضروری برای تغذیه انسانی است، در سوسیس‌های سرخ شده با روغن آفتابگردان بیش از سایر تیمارها می‌باشد (شکل ۴).

در خصوص شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای چربی (جدول ۵)، تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان داد که نوع روغن سرخ کردنی بر عمدهٔ شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای سوسیس کپور نقره‌ای تأثیر گذاشته است ($P\leq$۰/۰۵). همان‌طور که در جدول نشان داده شده است بیشترین مقدار ∑PUFA-*n*3 در سوسیس خام (۲۶/۶ درصد) و بعد از آن در نمونه‌های سرخ شده در روغن سویا (۴/۷۷ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به نمونه‌های سرخ شده در روغن کلزا (۲/۴۱ درصد) اندازه‌گیری شد. از طرفی دیگر، بیشترین مقدار ∑PUFA-*n*6 در تیمار سوسیس سرخ شده با روغن زیتون (۵۹/۸ درصد) و کمترین مقدار آن در سوسیس خام (۱۱/۲ درصد)

جدول ۲- محتوای اسیدهای چرب اشباع (SFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیسِ موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

C14:0 (Myristic acid)	۱/۳۶±۰/۰۳	۱/۳۲±۰/۱۸	۱/۵±۰/۱	۱/۴۵±۰/۰۴	۲/۰۲±۰/۰۲
C15:0 (Pentadecanoic acid)	۰/۳۶±۰/۲۴	۰/۳۸±۰/۰۸	۰/۲۳±۰/۰۳	۰/۱۹±۰/۰۲	۰/۹±۰/۱۵
C16:0 (Palmitic acid)	۶/۲۲±۰/۶۳	۱۰/۴۳±۰/۵۶	۱۰/۴۲±۰/۹۳	۱۱/۶۸±۰/۸	۲۰/۳۹±۰/۲۰
C 17:0 (Heptadecanoic acid)	۰/۳۹±۰/۰۶	۰/۲۶±۰/۰۵	۰/۳۸±۰/۰۶	۰/۴±۰/۰۷	۰/۹۹±۰/۲۱
C18:0 (Stearic acid)	۵/۲۸±۰/۲۷	۴/۴۶±۰/۲۴	۵/۶۹±۰/۷۴	۵/۲۴±۰/۴۲	۳/۲۷±۰/۲۹
C20:0 (Arachidonic acid)	۰/۳۵±۰/۰۴	۰/۳۷±۰/۰۲	۰/۳۹±۰/۰۲	۰/۲۹±۰/۰۶	۱/۰۹±۰/۳۸

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف معیار نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری صرفاً در خصوص مجموع اسیدهای چرب اشباع شده نشان داده شده اشت که در آن حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است. RS: سوسیس خام/سرخ نشده، ZOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن زیتون، CAOF: سوسیس سرخ شده در روغن کلزا، SBOF: سوسیس سرخ شده در روغن سویا و SFOF: سوسیس سرخ شده در روغن آفتابگردان.



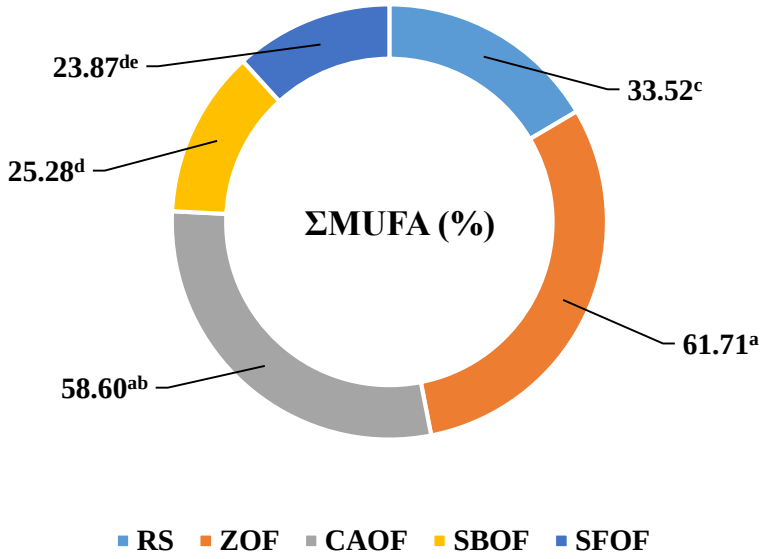
شکل ۲- مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیسِ موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

جدول ۳- محتوای اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیسِ موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

اسید چرب	SFOF	SBOF	CAOF	ZOF	RS
C16:1 (Palmitoleic acid)	۱/۹۱±۰/۰۸	۱/۴۲±۰/۱۱	۲/۲۳±۰/۰۹	۲/۱۱±۰/۱۴	۶/۷۶±۰/۴۷
C 17:1 (Heptadecenoic acid)	۰/۲۳±۰/۰۸	۰/۲۵±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۲	۰/۲۳±۰/۰۲	۰/۵۸±۰/۱۵
C18:1n-9 (Oleic acid)	۲۱/۵۶±۳/۵	۲۳/۰۴±۰/۳۸	۵۵/۷۰±۱/۶۷	۵۹/۲۷±۱/۱۹	۲۵/۰۱±۰/۵۲
C20:1n-9 (Eicosenoic acid)	۰/۱۸±۰/۰۲	۰/۵۶±۰/۰۴	۰/۴۲±۰/۲۵	۰/۰۹±۰/۰۴	۱/۱۶±۰/۰۹

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف معیار نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری صرفاً در خصوص مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع نشان داده شده است که در آن حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است. RS: سوسیس خام/سرخ نشده، ZOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن زیتون، CAOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن کلزا، SBOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن سویا و SFOF: سوسیس سرخ شده در روغن آفتابگردان.

اندازه‌گیری گردید. بالاترین نسبت $n3$ به $n6$ در سوسیس‌های خام (۲/۳۸) و کمترین مقدار آن در تیمارهای سرخ شده با روغن زیتون مشاهده شد. درخصوص نسبت $n6$ به $n3$، نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار آن در تیمار مربوط به روغن زیتون مشاهده شد. مقدار شاخص‌های TUFA و S/TUFA در نمونه‌های خام و سرخ شده با روغن‌های مورد بررسی (زیتون، کلزا، سویا و آفتابگردان) به‌طور معنی‌داری باهم اختلاف داشتند ($P\leq$۰/۰۵) که بیشترین مقدار TUFAمربوط به نمونه سرخ‌شده با روغن آفتابگردان (۸۶/۱ درصد) بود همچنین برای شاخص



شکل ۳- مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیسِ موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

جدول ٤- محتوای اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیس موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

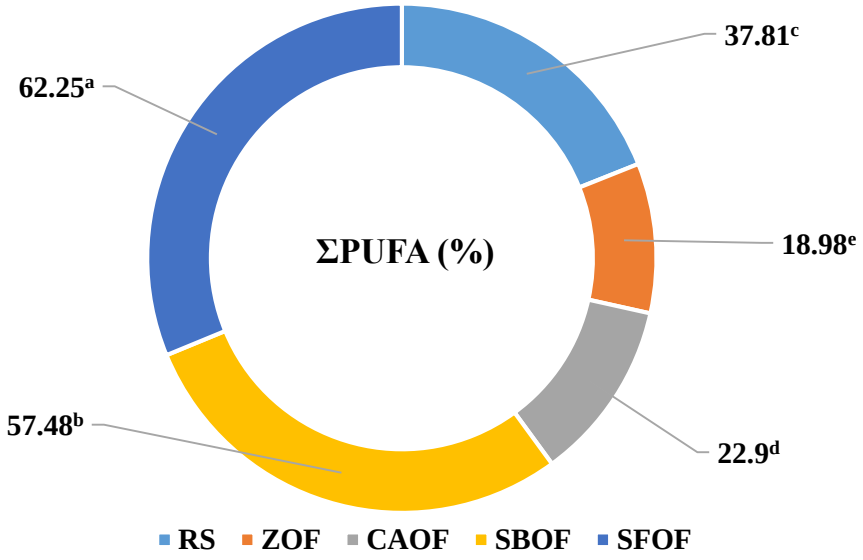
اسید چرب	SFOF	SBOF	CAOF	ZOF	RS
C18:2n-6 (Linoleic acid)	۵۸/۷۳±۲/۰۴	۵۲/۳۷±۱/۵	۲۰/۱۲±۰/۶۸	۱۶/۰۳±۲/۰۴	۱۰/۷۳±۰/۶۲
C18:3n-3 (Alpha linolenic acid)	۲/۷۵±۰/۲۹	۴۰/۳±۰/۶۳	۲/۰۲±۱/۲۲	۲/۲±۰/۱۱	۶/۷۷±۰/۴۲
C20:3n-9 (Mead acid)	۰/۰۵±۰/۰۵	۰/۰۳±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۵±۰/۱	۰/۰۳±۰/۰۱
C20:3n-3 (Eicosatrienoic acid)	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۵±۰/۰۴	۰/۰۶±۰/۰۱	۰/۰۱±۰/۰۱	۰/۱۱±۰/۰۱
C20:4n-6 (Arachidonic acid; ARA)	۰/۴۲±۰/۰۳	۰/۳۳±۰/۰۴	۰/۳۶±۰/۰۳	۰/۳۸±۰/۰۶	۰/۴۴±۰/۰۴
C20:5n-3 (Eicosapentanoic acid; EPA)	۰/۱۴±۰/۰۲	۰/۱۶±۰/۰۶	۰/۱۶±۰/۰۴	۰/۱۳±۰/۰۳	۸/۲۵±۰/۱۴
C22:6n-3 (Decosahexanoic acid; DHA)	۰/۱۶±۰/۰۱	۰/۲۹±۰/۰۶	۰/۱۶±۰/۰۳	۰/۱۹±۰/۰۵	۱۱/۴۷±۰/۵۷
∑PUFA	۶۲/۲۵±۲/۲۸^{a}	۵۷/۴۸±۰/۸^{b}	۲۲/۹±۰/۶۵^{d}	۱۸/۹۸±۱/۶۹^{a}	۳۷/۸۱±۰/۴^{c}

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف معیار نشان داده شده است. نتایج آنالیز آماری صرفاً در خصوص مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع نشان داده شده است که در آن حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است. RS: سوسیس خام/سرخ‌نشده، ZOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن زیتون، CAOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن کلزا، SBOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن سویا و SFOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن آفتابگردان.

S/TUFA، نتایج نشان داد که کمترین میزان آن در سوسیس‌هایی که با روغن آفتابگردان سرخ شده‌اند، مشاهده می‌شود. نتایج مربوط به سایر شاخص‌های ارزیابی کیفیت تغذیه‌ایی چربی در سوسیس تهیه‌شده از سوریمی کپور نقره‌ای در جدول ۵ نشان داده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

ثابت شده است که ارگانیسم‌های آبزی، منبع اصلی تأمین PUFA برای انسان‌ها هستند. از این‌رو، انسان‌ها همیشه در تلاش بودند تا بخش زیاد اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز خود را از مصرف موجودات موجود در چنین محیط‌هایی (یا فرآوردهٔ حاصل از آن‌ها) به‌دست آورد (Arts *et al.*, 2001). از طرفی دیگر، بدن انسان قادر به ساخت اسیدهای چرب ضروری نیست. چربی غذاهای دریایی به‌دلیل وجود مقدار زیاد اسیدهای چرب بلندزنجیره و امگا-۳ (ω_3) ضروری، نقش مثبتی در رشد و نمو طبیعی بدن، عملکرد سیستم‌های قلبی-عروقی، ایمنی و پیشگیری از برخی بیماری‌ها ایفاء می نماید (Lauritzen *et al.*, 2001; Broadhurst *et al.*, 2002). با این وجود، شیوهٔ پختن و نوع روغن گیاهی مصرفی در کیفیت تغذیه‌ای و ترکیب اسید چرب موجود در آن محصول شیلاتی تأثیر به‌سزایی داشته و ممکن است



شکل ٤- مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA؛ درصد) اندازه‌گیری شده در سوسیس موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

جدول ٥- شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای از منظر چربی در سوسیس موسوم به سوسیس ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌های مختلف گیاهی

شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای چربی	RS	ZOF	CAOF	SBOF	SFOF
∑PUFA-n3 (مجموع اسیدهای چرب امگا-۳)	۲۶/۶±۲/۲۲^{a}	۲/۵۳±۰/۲^{d}	۲/۴۱±۱/۲۹^{d}	۴/۷۷±۰/۶۷^{b}	۳/۰۵±۰/۳۲^{c}
∑PUFA-n6 (مجموع اسیدهای چرب امگا-۶)	۱۱/۱۸±۰/۱۴^{d}	۵۹/۶۷±۱/۲۳^{a}	۲۰/۴۹±۰/۶۴^{c}	۵۲/۷±۱/۴۸^{b}	۵۹/۱۶±۲/۰۷^{a}
n3/n6 (نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶)	۲/۳۸±۰/۰۶^{a}	۰/۰۴±۰/۰۲^{c}	۰/۱۲±۰/۰۶^{b}	۰/۰۹±۰/۰۲^{c}	۰/۰۵۱±۰/۰۱^{c}
n6/n3 (نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳)	۰/۴۲±۰/۰۱^{d}	۲۳/۶۶±۱/۴۲^{a}	۱۱/۶۷±۹/۰۹^{c}	۱۱/۲۴±۲/۰۱^{c}	۱۹/۵۳±۱/۸۴^{b}
TUFA (مجموع کل اسیدهای چرب غیراشباع)	۷۱/۳۴±۰/۲۹^{c}	۸۰/۶۹±۰/۶^{b}	۸۱/۵۱±۱/۶۶^{b}	۸۲/۷۷±۰/۴۲^{b}	۸۶/۱۳±۱/۱۷^{a}
S/TUFA (نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع)	۰/۴±۰/۰۱^{a}	۰/۲۴±۰/۰۱^{b}	۰/۲۳±۰/۰۳^{b}	۰/۲۱±۰/۰۱^{b}	۰/۱۶±۰/۰۲^{c}
DHA/EPA	۱/۳۹±۰/۰۹^{b}	۱/۳۹±۰/۱۲^{b}	۱/۰۱±۰/۱^{b}	۱/۸۳±۰/۰۵^{a}	۱/۱۳±۰/۱^{b}
ARA/EPA ratio	۰/۰۵±۰/۰۱^{c}	۲/۹۶±۰/۰۲^{b}	۲/۲۶±۰/۲۹^{b}	۲/۱۲±۰/۲۶^{b}	۳/۰۷±۰/۲۵^{a}

نتایج به‌صورت میانگین±انحراف معیار نشان داده شده است. حروف کوچک انگلیسی متفاوت، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است. RS: سوسیس خام/سرخ‌نشده، ZOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن زیتون، CAOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن کلزا، SBOF: سوسیس سرخ‌شده در روغن سویا و SFOF: سوسیس سرخ شده در روغن آفتابگردان.

بسیاری از سودمندی‌های نهفته در آبزیان را کم اثر کند.

به‌جز تعداد بسیار معدودی از محصولات شیلاتی (مانند سوشی) عمدهٔ آن‌ها (نظیر سوسیس ماهی)، جهت مصرف نهایی باید پخته شوند. در فرآیند پخت، استفاده از حرارت هر چند سبب بهبود کیفیت خوراکی و کاهش یا توقف فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و باکتریایی می‌شود، اما به‌دلیل بروز تغییرات کیفی احتمالی در محصول، آسیب به چربی، ایجاد ترکیبات اکسیداسیون و کاهش ارزش غذایی (Aubourg and Medina 1997)، معمولاً کاربرد آن با محدودیت‌هایی همراه است. در واقع ترکیب چربی آبزیان و محصولات حاصل از آن (نظیر سوسیس، برگر و کوفته ماهی) طی مراحل مختلف فرآوری و آماده‌سازی دچار تغییر شده که این تغییرات مهمترین عامل افت کیفیت چنین محصولاتی را رقم می‌زند. در بین روش‌های مختلف پخت، سرخ کردن (Frying) به‌دلیل خصوصیت جذاب بودن بو و طعم، در بین مصرف‌کنندگان از پرطرفدارترین روش‌هاست (Sioen *et al.*, 2006). تغییر اسیدهای چرب طی دوره پختن به روشی مانند سرخ کردن، می‌تواند تحت تأثیر مکانیسم‌هایی مانند اکسیداسیون و انتقال اسیدهای چرب بین ماهی و روغن سرخ کردنی باشد (Yanar *et al.*, 2007). بر اساس نتایج، ترکیب اسیدهای چرب در سوسیس‌های سرخ شده به‌طور کلی با سوسیس‌های خام

(سرخ نشده) تفاوت داشته است و بیانگر تأثیر قابل ملاحظه ویژگی فردی روغن مصرفی در محصول سرخ شده بود.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، مشخص گردید که اگرچه نوع روغن سرخ کردنی در ترکیب اسید چرب سوسیس‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری داشته است اما مجموع اسیدهای چرب اشباع در سوسیس‌های خام از سوسیس‌های سرخ شده با روغن‌های آزمایشی بالاتر بود. بروز این حالت را می‌توان به بالاتر بودن قابل توجه سهم اسید چرب پالمیتیک در سوریمی حاصل از ماهی کپور نقره-ای در مقایسه با سهم آن در روغن‌های آزمایشی مربوط دانست. از طرفی دیگر، بالاترین سهم مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) در سوسیس‌های سرخ‌شده با روغن زیتون مشاهده شد. بروز چنین حالتی نیز در ماهیت فردی روغن زیتون می‌توان جستجو کرد. تحقیقات پیشین و حاضر نشان می‌دهد که اسید چرب تک غیراشباع اولئیک اسید (C18:1n-9) به‌تنهایی حدود ۶۰ درصد از کل اسیدهای چرب موجود در روغن زیتون را شامل می‌شود. بنابراین بروز چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود. نتیجه مشابهی در تحقیق Gladyshev و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده (جدول ۳)، سرخ کردن سوسیس‌ها در روغن سویا و آفتابگردان باعث افزایش میزان PUFA در آن شده است. در مطالعه Q-Su و Babb (۲۰۰۷)، نیز میزان PUFA در اثر سرخ کردن افزایش پیدا کرد. در مطالعه Weber و همکاران (۲۰۰۸)، نیز ماهی سرخ‌شده در روغن سویا حاوی بالاترین میزان PUFA بود و تفاوت آن با همه تیمارهای دیگر معنی‌دار بود. در مطالعه این محققین، ماهی سرخ‌شده در روغن کلزا با کاهش PUFA مواجه شد که مشابه یافته‌های تحقیق حاضر است. در واقع میزان PUFA در روغن کلزا تقریباً نصف میزان آن در روغن سویا بود و طی پخت، به‌علت تبادل روغن بین بافت ماهی و محیط سرخ‌کننده چنین تغییری حاصل شد و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی تغییر پیدا کرد.

در مطالعه حاضر با توجه به ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا و آفتاب گردان، افزایش میزان PUFA ماهی سرخ‌شده را می‌توان دلیلی بر نفوذ اسیدهای چرب روغن‌های مذکور به بافت سوسیس‌های آزمایشی مربوط دانست. با توجه به نتایج، روغن آفتاب گردان استفاده‌شده در این مطالعه، دارای مقادیر بالای اسید لینولئیک بود (داده‌های منتشر نشده) اما میزان این اسید چرب در سوسیس خام حدود ۱۰ درصد بود که پس از سرخ کردن با روغن آفتابگردان، میزان آن به حدود ۵۹ درصد در سوسیس سرخ شده افزایش پیدا کرد. با توجه به اینکه این اسید چرب در دیگر تیمارها چنین افزایشی نداشت، دلیل افزایش اسید لینولئیک را می‌توان انتقال اسید چرب مذکور از روغن سویا و یا آفتابگردان به بافت سوسیس های آزمایشی عنوان کرد. در مطالعه Weber و همکاران (۲۰۰۸)، نیز انتقال اسیدهای چرب از روغن به ماهی مشاهده شد. تغییر برای اسیدهای چرب مختلف به یک میزان نبود. بعضی از آن‌ها افزایش داشته و بعضی دچار کاهش شدند. این تغییرات به ترکیب روغن سرخ کردنی وابسته بود. در مطالعه Sioen و همکاران (۲۰۰۶)، نشان داده شد که جذب اسید چرب از روغن سرخ کردنی، همبستگی زیادی با مجموع اسیدهای چرب ماهی دارد. در ماهیان کم‌چرب افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار اسیدهای چرب ماهی و در ماهیان پر چرب، کاهش در میزان اسیدهای چرب مشاهده شد.

در مطالعه Valera و همکاران (۱۹۹۸)، مشخص شد که روغن زیتون دارای ساختار خوشه‌ای است. این ساختار از انتقال چربی روغن سرخ کردنی به غذا جلوگیری می‌کند. این محققین عنوان کردند که روغن آفتابگردان فاقد ساختار خوشه‌ای می‌باشد و می‌تواند طی فرآیند سرخ کردن وارد غذا شود.

در خصوص نسبت n-3/n-6 به‌عنوان یک شاخص زیست‌پزشکی، مباحث مختلفی مطرح شده است (Yanar *et al*., 2007). اسیدهای چرب مهم گروه n-3 شامل اسید لینولنیک، اسید ایکوزا پنتاانوئیک و اسید دوکوزا هگزاانوئیک می‌باشند و اسیدهای چرب مهم گروه n-6 نیز شامل اسید لینولئیک و اسید آراشیدونیک است (Belitz and Grosch, 1999). میزان n-3/n-6 از ۱:۱ تا ۵:۱ در غذاهای انسان نشان‌دهنده جیره سالم برای غذای انسان می‌باشد (Zuraini *et al*., 2006). هر چند به‌نظر می‌رسد فراوانی ترکیبات n-3 در مقایسه با n-6 یک موضوع روشن و مورد انتظار در آبزیان باشد، اما در برخی از ماهیان گرم‌آبی پرورشی نظیر گربه ماهی روگاهی مقادیر بیشتر n-6 نسبت به n-3 گزارش شد (Hoke *et al*., 2000). در مطالعه Weber و همکاران (۲۰۰۸) نیز، نسبت n-3/n-6 گربه ماهی خام ۰/۳۱ گزارش شد. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، نسبت n-3/n-6

در سوسیس‌های خام (سرخ نشده)، به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود (مقدار ۲/۳۸). این نسبت در سوسیس-های سرخ شده با روغن‌های مختلف گیاهی بسیار کمتر از مقادیر سنجش‌شده در سوسیس‌های خام بود. این تفاوت به ترکیب اسید چرب در روغن‌های مورد استفاده مرتبط است. در مطالعه Gladyshev و همکاران (۲۰۰۶)، گزارش شد که در ماهی خام آزاد گوژپشت *Onchorhynchus* (*gorbuscha*) نسبت n-3/n-6، تقریباً ۷ برابر ماهی سرخ‌شده است. در تحقیق حاضر، نسبت n-3/n-6 از ۲/۳۸ در سوسیس سرخ‌نشده خام به ۰/۰۴ در نمونه‌های سرخ‌شده در روغن زیتون متغییر بود. این پدیده به دو دلیل می‌تواند رخ دهد؛ ۱) میزان ترکیبات n-3 درطی فرآیند سرخ کردن کاهش یافت و ۲) می‌تواند به انتقال اسیدهای چرب n-6 از روغن سرخ کردنی به سوسیس‌ها مرتبط باشد (Sioen *et al*., 2006). البته کاهش میزان n-3/n-6 ماهی سرخ‌شده در همه تحقیقات به‌دست نیامده است به‌طوری‌که Gladyshev و همکاران (۲۰۰۷) میزان آن را در ماهی قزل‌آلای نروژی خام ۴/۸۱ گزارش کردند، در حالی‌که ماهی سرخ شده این نسبت به ۵/۲۴ رسید. این محققین دلیلی را برای این نسبت ذکر نکردند.

در مجموع می‌توان براساس یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر اظهار نمود که در شیوهٔ سرخ کردن محصولات شیلاتی، ترکیب اسیدهای چرب روغن مصرفی، تأثیر به‌سزایی در ترکیب اسید چرب مادهٔ غذایی که با آن سرخ می‌شود، خواهد داشت. به‌طوری‌که هرچه روغن سرخ کردنی از مقادیر بالاتری از اسیدهای چرب غیراشباع برخوردار باشد، در نسبت n-3/n-6 کمتر تأثیر می‌گذارد، بنابراین می‌توان به سودمندی‌های ناشی از دریافت اسیدهای چرب بلندزنجیرهٔ غیراشباع از مصرف آبزیان امیدوار بود.

منابع

رضوی شیرازی ح. ۱۳۸۵. تکنولوژی فرآورده های دریایی. انتشارات نقش مهر. ۶۰ صفحه.

عرب س. ز.، شعبان‌پور ب.، پورعاشوری پ.، رحمانی فرح ک. ۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف چربی و جایگزینی بخشی از نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم بر کیفیت و ماندگاری سوسیس ماهی فیتوفاگ. *فصلنامه علوم و فنون شیلات*. ۶(۶): ۸۶-۷۵.

Arts M.T., Ackman R.G., 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.

Aubourg S., Medina I. 1997. Quality differences assessment in canned sardine (*Sardina pilchardus*) by fluorescence detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(9), 3617-3621.

Belitz H.D., Grosch W. 1999. Lipids. In "Food Chemistry". Springer Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 184-185.

Broadhurst C.L., Wang Y., Crawford M.A., Cunnane S.C., Pakigton J.E., 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(4), 653-673.

Cronin D.A., Powell R., Gormley R. 1991. An examination of the (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid and status of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). I*rish journal of Food science and Technology* 53-62.

Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubaneko G.A., Demirchieva S.M., Kalachova, G.S. 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Onchorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry* 96(3), 446-451.

Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubaneko G.A., Demirchieva S.M., Kalachova G.S. 2007. Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of four fish species. *Food Chemistry* 101(4), 1694-1700.

Hoke M.E., Jancke M.L., Silva J.L., Hearnsberger J.O., Chamul R.S., Suriyaphan O. 2000. Stability of whashed frozen minci from chanal catfish farms. *Journal of Food Science* **65**: 1083-1086.

Kinsella J. 1987. Dietary fats and cardiovascular disease. In: *Seafoods and Fish Oils in Hunan Health and Disease* edited by R. Lees & M. Karel). pp. 1-23. New York & Basel: Marcel Dekker, Inc.

Lauritzen L., Hansen H.S., Jorgensen M.H., Michaelsen K.F. 2001. The essentiality of long chain

n _ 3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Progress in Lipid Research* 40(1-2), 1-94.

Lauritzen L., Hansen H.S., Jorgensen M.H., Michaelsen K.F. 2001. The essentiality of long chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina. *Progress in Lipid Research* 40(1-2), 1-94.

Q-Su X., Babb J.R. 2007. The effect of cooking process on the total lipid and n-3 LC-PUFA content of Australian Bass Strait Scallops, *Pecten fumatus*. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*16, 407-411.

Shaviklo A.R. 2015. Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology* 52(2), 648-661.

Sioen I., Haak L., Raes K., Hermans C., Henauw S.D., Smet, S.D., Camp, J.V. 2006. Effects of pan-frying in margarine and olive on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry* 98(4), 609-617.

Varela G. 1988. Current facts about the frying of food. In Varela G., Bender A.E., Morton I. D. (Eds.), Frying of food. Principles, changes, new approaches. Chichester: Ellis Horwood.

Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *The Lancet* 338(8773), 985-994.

Weber J., Bochi V.C., Ribeiro C.P., Victorio A.M., 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.

Yanar Y., Kucukgulmez A., Ersoy B., Celik M., 2007. Cooking effects on fatty acid composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Journal of Muscle Foods* 18(1): 88-94.

Zuraini A., Somchit M.N., Solihah M.H., Goh Y.M., Arifah A.K., Zakaria M.S., Somchit N., Rajion M.A., Zakaria Z.A., Mat Jais A.M. 2006. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian *Channa* spp. fish. *Food Chemistry* 97(4), 674-678.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 14-25
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

The effect of frying of Silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) sausage with different vegetable oils: Changes in fatty acid composition

Reyhaneh Jabbari, Seyed Vali Hoseini*, Mohammad Ali Nematollahi

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Corresponding author: hosseinisv@ut.ac.ir

Received: 05.May.2023 **Accepted: 19.Jun.2023**

Abstract

This study aimed to investigate the effect of frying silver carp sausage using different vegetable oils on the composition of fatty acids and the nutritional quality of its fat. First, silver carp surimi was prepared by washing method, and then sausage was prepared with other food items and additives. Then, the sausages were fried into four vegetable oils (olive, rapeseed, soybean, and sunflower oils) by immersion in oil (at a temperature of 180±3 °C). The results showed that the type of frying oil significantly affects the fatty acid composition and nutritional quality of its fat ($P \geq 0.05$). Sausages fried with olive and sunflower oil had the highest (28.7) and the lowest (13.9) saturated fatty acids (in percentage), respectively. The same trend prevailed regarding the monounsaturated fatty acids. However, regarding polyunsaturated fatty acids, the results were the opposite i.e. the highest and lowest amounts were observed in sausages fried in sunflower and olive oil, respectively. Although in terms of total omega-3 fatty acids, fried sausages in sunflower oil had the highest value among other experimental treatments, but in terms of the ratio of omega-3 fatty acids to omega-6 (n3/ n6), the highest value was observed for fried sausages in rapeseed oil. The results of the present study showed that although sausages cooked with different vegetable oils contain most of the essential fatty acids necessary for humans (including linoleic and alpha-linolenic) because of a high proportion of omega-6, but in all experimental oils, their planned consumption is recommended.

Keywords: Silver carp, Surimi, Fish sausage, Frying, Vegetable oils, Fatty acid profile