



تأثیر برطرف کردن رطوبت و روغن، قبل و بعد از سرخ کردن بر میزان جذب روغن و ارزش غذایی فیله ماهی کپور نقره‌ای *Hypophthalmichthys molitrix*

سید میثم اشرفی^۱، اسحاق زکی پور رحیم‌آبادی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، ایران

۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۶

چکیده

در تحقیق حاضر، تأثیر تیمارهای قبل و بعد از سرخ کردن بر میزان جذب روغن و ارزش غذایی فیله ماهی کپور نقره‌ای بررسی شد. تیمارهای آزمایشی، شامل تیمار ۱: سرخ کردن معمولی؛ تیمار ۲: خشک کردن فیله در دمای اتاق قبل از سرخ کردن تا رسیدن به وزن ثابت؛ تیمار ۳: سرخ کردن معمولی، خروج روغن از فیله سرخ شده روی صافی در هوای گرم تا رسیدن به وزن ثابت؛ تیمار ۴: ترکیب خشک کردن فیله ماهی در دمای اتاق قبل از سرخ کردن تا رسیدن به وزن ثابت + سرخ کردن معمولی و خروج روغن از فیله سرخ شده روی صافی و در هوای گرم تا رسیدن به وزن ثابت بود و همچنین آزمایش روی فیله خام بدون سرخ کردن نیز انجام شد. در پایان آزمایش، ترکیبات شیمیایی، پروفایل اسید چرب و شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک فیله ماهی در تیمارهای مختلف آزمایشی مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاکی از این بود که سرخ کردن سبب تغییرات معنی‌دار ترکیبات شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب فیله‌های سرخ شده نسبت به فیله‌های خام می‌شود. بررسی پروفایل اسیدهای چرب فیله و نسبت n-3/n-6 و شاخص آتروژنیک (AI) نشان‌دهنده این مسئله بود که در سرخ کردن معمولی نسبت به دیگر تیمارها، این شاخص‌ها افزایش معنی‌داری یافته و همچنین فرایند سرخ کردن سبب کاهش ترومبوژنیک (TI) در تیمارهای آزمایشی سرخ کردن می‌شود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مقدار چربی کل ماهی و پروفایل اسیدهای چرب آن می‌تواند طی فرایند سرخ کردن تغییر کند. از این‌رو استفاده از پیش تیمار خشک کردن قبل از سرخ کردن و خروج روغن در هوای گرم پس از سرخ کردن می‌تواند روشی برای کاهش جذب روغن توسط ماده غذایی سرخ شده باشد.

واژگان کلیدی: سرخ کردن، خشک کردن، جذب روغن، اسیدهای چرب، فیله ماهی، ماهی کپور نقره‌ای



Effect of moisture and oil removing, pre and post frying process on oil absorption and nutritional quality of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillet

Seyed Meysam Ashrafi¹, Eshagh Zakipour Rahimabadi^{*†}

1. MSc student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
2. Associate Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.

Received: 16-May-2020

Accepted: 2-Jul-2020

Abstract

In the present study, the effect of pre and post frying treatments on oil absorption and nutritional value of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillet were examined. Experimental treatments, were included treatment 1 (control): normal frying; treatment 2: drying the fillets at room temperature before frying to get a constant weight; treatment 3: normal frying, removing the oil from the fried fillet on a strainer in hot air until getting a constant weight; treatment 4: was the composition of treatment 2 and 3 (drying the fillets at room temperature before frying, normal frying and removing the oil from the fried fillet on a strainer in hot air to get a constant weight; and the raw fillets were tested without frying. At the end of the experiment, chemical compounds, fatty acid profiles, and AI and TI characteristics of fish fillets were measured in various experimental treatments. The results showed that the frying process caused significant changes in the chemical composition and the fatty acid profile of the fried fillets compared to the raw fillets. The fatty acids profile of fillet, n-3/n-6 ratio and AI showed that these indicators increased due to normal frying compared to other experimental treatments. During frying TI reduces in frying experimental treatments as well. In general, it was concluded that the total fat content of fish and the profile of its fatty acids could change during the frying process. Therefore, the use of pre-drying and pre-treatment before frying and oil extraction in hot air after frying can be a way to reduce the oil adsorption by fried foods.

Key words: Frying, Drying, Oil absorption, Fatty Acids, Fish fillets, Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*).

۱. مقدمه

ماهی و سایر غذاهای دریایی منبع با ارزشی از پروتئین، چربی، مواد معدنی و ویتامین‌ها به شمار می‌آیند. چربی ماهی منبع مهمی از اسیدهای چرب ضروری خصوصاً اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیراشباعی از خانواده امگا-۳ (ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانویک اسید) است (Harlioglu, 2012). چربی موجود در بدن ماهی و آبریزان اثرات بسیار مهمی در سلامت انسان به‌عهده دارد و در پیش‌گیری از بسیاری از بیماری‌ها و کنترل و کمک به بهبود اختلالات و عوارض مختلف نقش مهم و سازنده‌ای به‌عهده دارد (De Castro *et al.*, 2007). معمولاً برای پخت ماهیان از شیوه‌های حرارت خشک (سرخ کردن در ماهی تابه معمولی و سرخ کردن در ماهی تابه‌های گود و کباب کردن)، حرارت مرطوب (آب‌پز کردن و بخارپز کردن) و یا روش ترکیبی (شیوه‌های پخت با شعله ملایم) استفاده می‌گردد. سرخ کردن از جمله روش‌های متداول و معمول جهت آماده‌سازی مواد غذایی است که با انتقال گرما، تبخیر رطوبت و جذب روغن همراه بوده و سبب تغییرات معنی‌دار در محتوای چربی و ساختار اسیدهای چرب بافت ماهی می‌شود (Farkas *et al.*, 1996). در بین شیوه‌های ذکر شده، شیوه سرخ کردن، به دلیل به-کارگیری روغن سرخ‌کردنی، اثرات شدیدتری بر محتوای چربی و پروفایل اسید چرب ماده غذایی دارد و علاوه بر افزایش محتوای روغن دریافتی از طریق غذای مصرفی، سبب ایجاد تغییراتی در پروفایل اسید چرب غذا شده و از اثرات مفید آبرزی می‌کاهد (Neff *et al.*, 2014). از آنجایی که افزایش میزان جذب چربی در بدن از طریق غذای مصرفی سبب بروز مشکلات فراوانی برای سلامت انسان می‌گردد، لذا لازم است تا جنبه‌های مختلف درگیر در پروسه سرخ کردن مورد بررسی قرار گیرد. در همین راستا، تحقیقات متعددی به بررسی تأثیر فرایند سرخ کردن و کنترل و کاهش میزان جذب روغن در ماده غذایی بدون کاهش ویژگی‌های مطلوب حسی و یا ارگانولپتیکی پرداخته و راه‌حلی‌هایی را ارائه نموده‌اند (

Shabanpour and Jamshidi, 2013; Kassama and Ngadi, 2016; Kurek *et al.*, 2017). جذب روغن در هنگام سرخ کردن محصولات غذایی در روغن، توسط تعداد زیادی از عوامل نظیر کیفیت روغن، دما و مدت زمان سرخ کردن، ترکیب ماده غذایی (برای مثال رطوبت و مواد جامد آن، تخلخل)، سطح و شکل ماده غذایی، تحت تأثیر تیمارهای قبل از سرخ کردن (مانند خشک کردن و آنزیم بری)، پوشش دهی ماده غذایی و اندازه ماده غذایی قرار دارد (Miranda *et al.*, 2010). طی فرایند سرخ کردن تغییرات پیچیده‌ای که شامل تغییرات فیزیکی (افزایش ویسکوزیته و دانسیته، افزایش تیرگی و تمایل به ایجاد کف در روغن، کاهش نقطه دود و کاهش کشش سطحی) شیمیایی (افزایش عدد پراکسید، مقدار اسیدهای چرب آزاد، افزایش ترکیبات با وزن ملکولی بالا و کاهش پایداری روغن) و ارگانولپتیکی (کاهش عطر و طعم) است، در روغن روی می‌دهد که این تغییرات اثر مستقیمی بر کیفیت و سلامت مصرف کننده دارد (Ansorena *et al.*, 2010). جذب روغن در ماده غذایی تحت تأثیر ساختار منفذی یا خلل و فرج ایجاد شده در محصول در فرایند سرخ کردن بوده، و بیشتر روغن جذب شده در زمان خروج ماده غذایی از ماهیتابه (در مدت سرد شدن) جذب می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که جذب روغن هم در جریان فرایند سرخ کردن و هم در دوره خنک سازی ماده غذایی پس از سرخ کردن، صورت می‌پذیرد که میزان جذب روغن در زمان خنک‌سازی خیلی بیشتر است (Miranda *et al.*, 2010; Ajo, 2017). در حین فرایند سرخ کردن عمیق، انتقال همزمان حرارت و جرم رخ می‌دهد. انتقال حرارت از روغن به ماده غذایی باعث تبدیل رطوبت داخل ماده غذایی به بخار می‌شود که اختلاف فشاری بین بخش سطحی و مرکزی ماده غذایی به وجود خواهد آورد (Neff *et al.*, 2014; Larsen *et al.*, 2010). فشار ایجاد شده در ماده غذایی سبب می‌گردد تا از هر گونه مهاجرت روغن به داخل ماده غذایی جلوگیری گردد. اما در هنگام دوره خنک سازی ماده غذایی، فشار

روغن در غذاها، روی فیله ماهی فیتوفاگ و در روش سرخ کردن در ماهی‌تابه بررسی شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. مکان و زمان اجرای پژوهش

کلیه مراحل اجرایی و آزمایشگاهی در آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی (صومعه سرا، گیلان) در پاییز ۱۳۹۷ انجام شد. برای انجام کار، ۱۵ قطعه ماهی کپور نقره‌ای با وزن متوسط ۱/۵ کیلوگرم خریداری گردید. پس از انجام مراحل آماده سازی اولیه (شست-وشو، فله گیری، سر و دم زنی، تخلیه شکم، پوست کنی و شست و شوی مجدد)، کار تهیه فیله (با ضخامت دو سانتی‌متر، عمود بر بدن و دارای پوست و با ابعاد متوسط ۱۲ در ۷ سانتی‌متر) انجام گردید. فیله‌های تهیه شده در ۴ تیمار و یک تیمار فیله‌ی خام (با سه تکرار) تقسیم بندی شدند. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار فیله خام (بدون سرخ کردن)؛ تیمار ۱ (سرخ کردن معمولی)؛ تیمار ۲ (خشک کردن فیله در دمای اتاق قبل از سرخ کردن تا رسیدن به وزن ثابت)؛ تیمار ۳ (سرخ کردن معمولی، خروج روغن از فیله سرخ شده روی صافی در هوای گرم تا رسیدن به وزن ثابت)؛ تیمار ۴ (ترکیب خشک کردن فیله در دمای اتاق قبل از سرخ کردن تا رسیدن به وزن ثابت + سرخ کردن معمولی و خروج روغن از فیله سرخ شده روی صافی و در هوای گرم تا رسیدن به وزن ثابت) بودند (Pedreschi and Moyano, 2005; Miranda *et al.*, 2010) از روغن سرخ کردنی اوپلا (شرکت صنعت غذایی کورش، اشتهارد، ایران) که حاوی مخلوطی از روغن‌های آفتاب‌گردان، کلزا و ذرت و فاقد روغن پالم بود، در این تحقیق استفاده گردید.

۲.۲. سنجش شاخص‌های مورد بررسی در پژوهش

۱،۲،۲. ترکیبات شیمیایی فیله

سنجش‌های تقریبی ترکیبات شیمیایی فیله شامل: درصد رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر با استفاده از روش AOAC (۲۰۰۵) و با سه تکرار انجام گردید (AOAC, 2005). برای تعیین میزان رطوبت، نمونه مورد نظر توزین شده در داخل پتری دیش قرار داده شد، سپس در داخل آون، در دمای 105°C درجه

موجود در لوله‌های نازک موئینه تشکیل شده در خلال سرخ کردن از بین رفته و این امر سبب تسهیل نفوذ روغن به ماده غذایی می‌گردد. در طول دوره خنک سازی، زمانی که دمای سطح روغن کاهش می‌یابد، کشش سطحی روغن افزایش می‌یابد و منجر به جذب بیش‌تر روغن در محصول می‌شود. در مجموع، از عوامل مؤثر بر محتوای نهایی روغن در محصول سرخ شدن می‌توان به این موارد اشاره کرد: حجم کل روغن جذب شده توسط ماده غذایی معادل مقدار آب جدا شده از آن در هنگام سرخ کردن است؛ بنابراین هر چه میزان رطوبت بیش‌تر باشد، جذب روغن نیز افزایش می‌یابد. (Miranda *et al.*, 2010). خشک کردن یکی فعالیت‌هایی است که می‌تواند قبل از سرخ کردن ماده غذایی یا فیله ماهی از طریق کاهش سطح جانبی، کاهش محتوای رطوبت اولیه، صاف کردن سطح و تغییرات ساختمانی، میزان جذب نهایی روغن را کاهش دهد (Pedreschi and Moyano, 2005). سرد شدن فضای خلاء ناشی از تبخیر پیوسته آب در مراحل اولیه خنک‌کنندگی، باعث کاهش محتوای روغن ماده غذایی سرخ شده می‌شود. همچنین عملیات هوای گرم، دمای محصول را حفظ کرده و مانع خنک شدن می‌شود، در نتیجه تا حدی از چگالش بخار آب و اثر خلاء در جذب روغن جلوگیری می‌کند. پس از عمل سرخ شدن، دما کاهش یافته و این امر سبب سرد شدن ماده غذایی و کاهش فشار بخار آب داخل ماده غذایی شده و سبب می‌گردد تا بیشتر روغن چسبیده به سطح فیله به داخل آن نفوذ یابد؛ لذا خارج کردن سریع روغن از سطح ماده غذایی سرخ شده بر میزان جذب روغن و ساختار اسید چرب نیز بسیار حائز اهمیت است (Dana and Saguy, 2006; Miranda *et al.*, 2010). همانطور که در مطالب بالا بیان شد، دو عامل رطوبت موجود در سطح و داخل ماده غذایی در هنگام سرخ کردن و هم‌چنین سرعت کاهش دما در مرحله بعد از سرخ کردن، در جذب روغن توسط ماده غذایی بسیار مهم و تاثیرگذارند. لذا، در این تحقیق تاثیر این دو عامل تاثیرگذار بر میزان جذب

بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده گردید. برای بررسی اختلاف بین تیمارها از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و در ادامه از آزمون توکی (Tukey) در سطح معنی‌داری ۵ درصد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

۳. نتایج

۱،۳. ترکیبات شیمیایی فیله

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر ترکیبات شیمیایی فیله در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج، کم‌ترین درصد پروتئین در تیمارهای آزمایشی در تیمار شماره ۲ و بیش‌ترین آن در تیمار ۱ بود؛ که البته نسبت به تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. کم‌ترین درصد چربی و خاکستر در تیمارهای آزمایشی در تیمار شماره ۲ و بیش‌ترین آن در تیمار ۱ بود. کم‌ترین درصد رطوبت در تیمار ۱ و بیش‌ترین آن در تیمار شماره ۲ مشاهده گردید. اختلافات در محتوای رطوبت بین تیمارهای آزمایشی معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

۲،۳. پروفایل اسید چرب فیله

نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر پروفایل اسیدچرب در جدول ۲ و اشکال ۱ تا ۳ نشان داده شده است. طبق نتایج، میزان انواع اسیدهای چرب (به جزء اسیدهای چرب دارای ۱۸ اتم کربن C18) در تیمار ۱ به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. شاخص SFA در تیمار ۱ نسبت به دیگر تیمارها بالاتر بود و کم‌ترین آن در تیمار ۲ مشاهده گردید. شاخص MUFA نیز در تیمار ۱ بالاتر بود. تیمار ۱، پایین‌ترین میزان محتوای اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیر اشباعی یا PUFA را نشان داد و بیش‌ترین میزان آن در تیمار ۲ مشاهده گردید.

سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت پتری‌دیش‌ها از آون خارج شد و دوباره وزن شدند. با محاسبه اختلاف وزن به دست آمده درصد رطوبت مشخص گردید. میزان خاکستر فیله‌های آزمایشی با سوزاندن نمونه در دمای $550^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری شد. پروتئین کل با استفاده از دستگاه کجلدال اتوماتیک با ضرب میزان نیتروژن به دست آمده در عدد ۶/۲۵ محاسبه شد. همچنین چربی کل فیله‌های آزمایشی نیز با استفاده از دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد.

۳،۲. پروفایل اسیدهای چرب فیله

برای بررسی پروفایل اسیدهای چرب، ابتدا روغن موجود در فیله به روش استفاده شده توسط Bakar و همکاران (۲۰۰۸) استخراج گردید. سپس از روش Metcalf و همکاران (۱۹۹۶) برای متیل استر کردن اسیدهای چرب استفاده گردید.

برای شناسایی اسیدهای چرب از دستگاه کروماتوگرافی (GC) مجهز به ستون کاپیلاری و آشکارساز نوع FID استفاده شد. دمای آشکارساز و محل تزریق روی ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. زمان اجرای عملیات برای هر نمونه ۸۵ دقیقه بود. ترکیب پروفایل اسید چرب نمونه‌ها در مقایسه با پیک استاندارد بیان شده و جهت محاسبه سطح زیر پیک از نرم‌افزار Chromatography Software استفاده شد. شاخص‌های آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (Šimat et al., 2015):

$$AI = \frac{[C12:0+4(C14:0)+C16]}{[MUFA+n-3PUFA+n-6PUFA]}$$

$$TI = \frac{[C14:0+C16:0+C18:0]}{[0/5MUFA+0/5(n-6PUFA)+3(n-3PUFA)+(n-3PUFA/n-6PUFA)]}$$

۴،۲. تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تجزیه و تحلیل نتایج و رسم نمودارها از نرم‌افزار آماری SPSS و Excel استفاده شد. ابتدا جهت

جدول ۱- میانگین ترکیبات شیمیایی فیله در نمونه خام و نمونه‌های سرخ شده در تیمارهای مختلف.

تیمارهای آزمایشی (محتوای ترکیبات بر اساس وزن خشک درصد)				نمونه خام (بر اساس وزن تر)	ترکیب شیمیایی
تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱		
۳۳/۶۰ ± ۱/۵۰ ^a	۳۴/۵۶ ± ۰/۸۵ ^a	۳۲/۸۹ ± ۱/۶۰ ^a	۳۸/۴۳ ± ۲/۱۴ ^a	۱۶/۹۰ ± ۱/۰۰	پروتئین
۱۴/۲۲ ± ۱/۳۴ ^a	۱۶/۳۳ ± ۲/۱۲ ^a	۱۴/۵۱ ± ۲/۵۰ ^a	۱۸/۵۱ ± ۳/۲۰ ^a	۳/۱۰ ± ۱/۰۳	چربی کل
۱/۱۶ ± ۰/۱۵ ^b	۱/۲۰ ± ۰/۳۰ ^b	۱/۰۶ ± ۰/۲۱ ^b	۱/۷۳ ± ۰/۱۰ ^a	۰/۹۵ ± ۰/۲۱	خاکستر
۵۴/۹۳ ± ۱/۷۸ ^a	۵۳/۶۶ ± ۲/۳۵ ^a	۵۵/۸۶ ± ۳/۱۴ ^a	۴۴/۱۵ ± ۱/۱۵ ^b	۷۹/۲۰ ± ۱/۰۲	رطوبت

-اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean±SD) حاصل سه تکرار می‌باشند. حروف کوچک انگلیسی مختلف در بالای اعداد در هر ردیف، نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

براساس نتایج، شاخص‌های آتروژنیک و n-3/n-6 در تیمار ۱ مقادیر بالاتر داشتند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه تاثیر روش‌های مختلف پخت از جمله پختن به روش سرخ کردن روی ترکیبات شیمیایی فیله ماهی و پروفایل اسیدهای چرب انواع ماهی‌ها انجام شده است. گوناگونی و تناقض نتایج در مطالعات می‌تواند مربوط به نوع ماهی، روش پخت، درجه حرارت و مدت زمان سرخ کردن و نوع روغن مصرفی باشد (Moradi et al., 2011). در تحقیق حاضر، سرخ کردن فیله سبب تغییرات معنی‌دار در میزان ترکیبات شیمیایی فیله گردید. این فرایند باعث کاهش رطوبت و جذب بیش‌تر روغن در نمونه‌ها گردید. سرخ کردن معمولی سبب از بین رفتن رطوبت در حد زیاد می‌گردد (Maulvault et al., 2012). استفاده از پیش تیمار خشک کردن قبل از سرخ کردن می‌تواند روشی برای بهبود

خصوصیات مواد غذایی سرخ‌شده باشد. پیش تیمار خشک کردن، محتوی آب اولیه ماده غذایی را کاهش داده (افزایش محتوی ماده جامد اولیه) و از این طریق، منجر به کاهش زمان فرایند می‌شود و در نتیجه، جذب روغن در حین سرخ کردن را محدود می‌کند. به علت خروج آب طی فرآیند خشک کردن مقدماتی، مقدار آب گوشت ماهی کاهش یافته، در نتیجه طی فرآیند سرخ کردن، تبادل و جابجایی رطوبت و چربی به حداقل ممکن رسیده و در نتیجه میزان جذب روغن در محصول کاهش می‌یابد (Chen et al., 2009; Cárcel et al., 2012). در شیوه‌ی سرخ کردن، تبخیر آب از ماده غذایی سبب ایجاد حفره‌هایی در ماده غذایی می‌گردد که مسیر انتقال روغن از محیط پخت به داخل ماده غذایی را هموار و سبب تغییرات در ترکیبات شیمیایی ماده غذایی می‌گردد که این تبادل روغن در ماهیان پرچرب منفی بود و در ماهیان کم چرب مثبت است (Nikoo et al.,

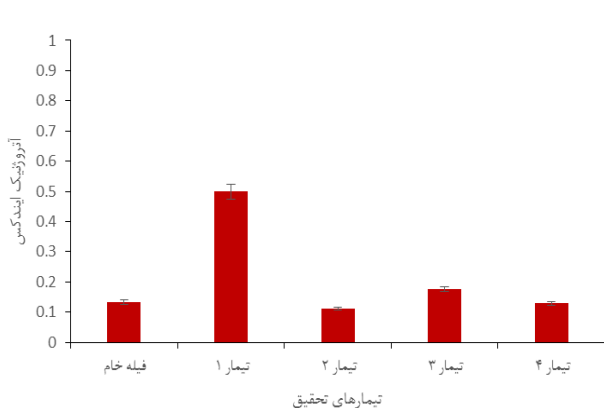
2010؛ به این معناکه میزان جذب روغن از محیط، در ماهیان کم چرب بیشتر است.

جدول ۲: پروفایل اسید چرب نمونه شاهد و نمونه‌های سرخ شده در تیمارهای مختلف (گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب).

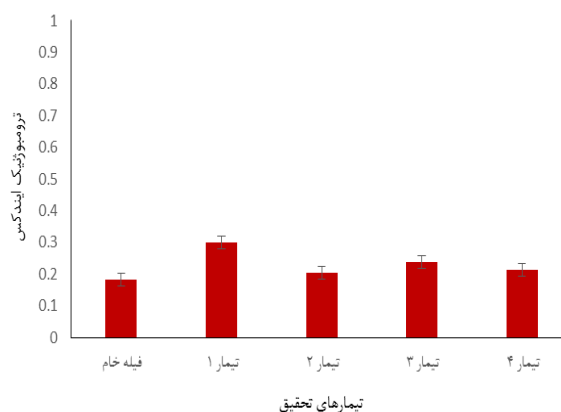
تیمارهای آزمایشی					اسید چرب
تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱	نمونه خام	
۰/۷۷۱ ± ۰/۰۱۱ ^d	۱/۲۰۶ ± ۰/۰۰۸ ^b	۰/۵۱۳ ± ۰/۰۱۶ ^e	۴/۱۷۸ ± ۰/۰۰۴ ^a	۰/۸۳۴ ± ۰/۰۰۹ ^c	C14:0
۰/۵۵۱ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۰۸۱ ± ۰/۰۰۳ ^d	۰/۰۷۸ ± ۰/۰۰۴ ^d	۱/۱۲۵ ± ۰/۰۰۷ ^a	۰/۵۰۶ ± ۰/۰۰۴ ^c	C15:0
۸/۰۶۳ ± ۰/۰۷۴ ^{cd}	۱۰/۱۱۱ ± ۰/۱۳۳ ^b	۷/۷۹۹ ± ۰/۲۳۹ ^d	۱۹/۲۴۲ ± ۰/۱۵۸ ^a	۸/۴۱۲ ± ۰/۰۱۸ ^c	C16:0
۲/±۲۳۰ ۰/۰۳۰ ^b	۱/±۰۶۴ ۰/۰۴۸ ^d	۱/۷۹۲ ± ۰/۰۱۳ ^c	۱۱/۰۸۳ ± ۰/۱۲۳ ^a	۲/۴۲۹ ± ۰/۰۵۰ ^b	C16:1
۰/۰۶۶ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۲۱۴ ± ۰/۰۰۵ ^a	۰/۰۴۱ ± ۰/۰۰۴ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	C17:0
۰/۱۴۹ ± ۰/۰۰۴ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۲/۴۵۴ ± ۰/۰۲۷ ^a	۱/۴۱۴ ± ۰/۰۰۶ ^b	C17:1
۳/۲۲۱ ± ۰/۰۰۶ ^a	۲/۷۹۶ ± ۰/۰۱۳ ^b	۲/۸۵۹ ± ۰/۰۰۶ ^b	۰/۶۵۹ ± ۰/۰۰۳ ^d	۱/۵۶۱ ± ۰/۰۰۴ ^c	C18:0
۳۶/۸۲۶ ± ۰/۰۳۶ ^b	۳۶/۸۴۵ ± ۰/۰۷۷ ^b	۳۸/۴۲۷ ± ۰/۱۱۸ ^a	۲۶/۸۰۱ ± ۰/۱۲۱ ^c	۳۶/۷۹۷ ± ۰/۰۳۰ ^b	C18:1 (n-9) c
۳۹/۵۹۱ ± ۰/۰۴۸ ^b	۳۷/۵۸۲ ± ۰/۰۴۰ ^c	۴۲/۶۶۲ ± ۰/۴۹۱ ^a	۶/۰۹۸ ± ۰/۱۳۹ ^d	۳۸/۷۹۷ ± ۰/۰۱۱ ^b	C18:2 (n-6) c
۲/±۹۷۰ ۰/۰۰۵ ^{bc}	۳/۳۶۱ ± ۰/۰۰۵ ^b	۲/۷۶۴ ± ۰/۱۸۹ ^c	۵/۶۶۶ ± ۰/۱۳۶ ^a	۳/۲۲۸ ± ۰/۰۳۹ ^{bc}	C18:3 (n-3)
۰/۲۹۱ ± ۰/۰۰۳ ^a	۰/۱۲۸ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۱۰۹ ± ۰/۰۰۵ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۰/۲۸۹ ± ۰/۰۰۵ ^a	C20:0
۱/۰۱۳ ± ۰/۰۰۱ ^c	۱/۱۷۱ ± ۰/۰۱۳ ^b	۰/۴۵۱ ± ۰/۰۱۵ ^e	۳/±۳۱۷ ۰/۰۰۵ ^a	۰/۸۶۰ ± ۰/۰۰۴ ^d	C20:1
۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^c	۰/۱۸۷ ± ۰/۰۰۵ ^a	۰/۰۸۶ ± ۰/۰۰۹ ^b	C20:3 (n-3)
۰/۰۲۹ ± ۰/۰۰۳ ^c	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۰/۰۰۰ ± ۰/۰۰۰ ^d	۰/۲۸۹ ± ۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۵۲ ± ۰/۰۰۴ ^b	C20:3 (n-6)
۰/۷۶۳ ± ۰/۰۰۴ ^d	۰/۹۶۳ ± ۰/۰۰۵ ^b	۰/۴۷۵ ± ۰/۰۱۷ ^e	۳/۵۴۵ ± ۰/۰۱۶ ^a	۰/۸۷۸ ± ۰/۰۰۴ ^c	C20:4 (n-6)ARA
۰/۵۱۶ ± ۰/۰۰۶ ^c	۰/۶۳۰ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۲۲۰ ± ۰/۰۰۱ ^e	۲/۲۷۹ ± ۰/۰۰۴ ^a	۰/۴۷۳ ± ۰/۰۰۳ ^d	C22:0
۱/۱۸۵ ± ۰/۰۰۴ ^d	۱/۶۷۳ ± ۰/۰۰۴ ^b	۰/۷۵۴ ± ۰/۰۱۵ ^e	۵/۶۳۶ ± ۰/۰۰۶ ^a	۱/۳۴۲ ± ۰/۰۰۶ ^c	C20:5 (n-3) EPA
۰/۴۸۰ ± ۰/۰۲۳ ^b	۰/۵۳۲ ± ۰/۰۲۸ ^b	۰/۳۱۶ ± ۰/۰۳۵ ^b	۱/۲۲۷ ± ۰/۳۲۰ ^a	۰/۵۴۵ ± ۰/۰۰۹ ^b	C22:4 (n-6) DTA
۰/۳۴۷ ± ۰/۰۲۶ ^{bc}	۰/۴۹۷ ± ۰/۰۲۶ ^b	۰/۱۹۷ ± ۰/۰۰۶ ^c	۱/۷۱۵ ± ۰/۱۴۹ ^a	۰/۳۷۲ ± ۰/۰۱۱ ^{bc}	C22:5 (n-3) DPA
۰/۸۸۷ ± ۰/۰۰۵ ^{bc}	۱/۲۰۰ ± ۰/۰۱۸ ^b	۰/۵۴۶ ± ۰/۱۹۱ ^c	۳/۹۹۹ ± ۰/۰۹۸ ^a	۱/۱۰۴ ± ۰/۰۳۸ ^b	C22:6 (n-3) DHA
۱۳/۴۷۹	۱۵/۱۶۶	۱۱/۶۱۹	۲۷/۴۸۳	۱۲/۰۷۵	SFAΣ
۴۰/۲۱۸	۳۹/۰۸۰	۴۰/۶۷۰	۴۳/۶۵۵	۴۱/۵۰۰	MUFAΣ
۴۶/۲۵۲	۴۵/۸۰۸	۴۷/۷۱۴	۲۸/۳۶۲	۴۶/۴۰۴	PUFAΣ
۰/۱۲۲	۰/۱۷۲	۰/۰۹۸	۱/۵۴۲	۰/۱۵۲	n-3/n-6

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) حاصل دو تکرار می‌باشند. حروف کوچک انگلیسی مختلف در بالای اعداد در هر

ردیف، نشانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح ۵ درصد است.



شکل ۲- نتایج شاخص ترومبوژنیک در تیمارهای آزمایشی



شکل ۱- نتایج شاخص آتروژنیک در تیمارهای آزمایشی



شکل ۳- نسبت n-3/n-6 در تیمارهای آزمایشی

که قبل و بعد از فرایند سرخ کردن روی فیله انجام شده است توانسته به طور غیرمعنی داری نسبت به فرایند سرخ شدن معمولی از جذب روغن توسط فیله بکاهد. رطوبت فیله ماهی پس از سرخ کردن عمیق کاهش اما میزان سایر ترکیبات شیمیایی فیله ماهی پس از سرخ کردن نسبت به فیله خام افزایش یافته است. خارج کردن سریع روغن از سطح ماده غذایی سرخ شده بر میزان جذب روغن و ساختار اسید چرب در مواد غذایی نیز اثرات مفیدی دارد، بطوری که فقط ۲۰ درصد روغن جذب شده در طی سرخ کردن چپس به قسمت‌های داخلی نفوذ

از آنجایی که ماهی کپور نقره‌ای از ماهیان کم چرب است، لذا میزان چربی در فیله های سرخ شده افزایش یافت. در مطالعه حاضر، کمترین میزان تغییرات پروتئین فیله نسبت به فیله خام در تیمار ۴ مشاهده گردید، در حالی که میزان پروتئین فیله در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به تیمار ۴ و فیله خام دارای میزان بالاتری بودند. بیشترین میزان پروتئین مربوط به تیمار ۳ و کمترین میزان آن مربوط به فیله خام بود. افزایش در مقدار پروتئین نمونه‌های سرخ شده نسبت به فیله خام می‌تواند بیانگر این مطالب باشد که چون این افزایش بر اساس وزن تر نمونه‌ها بوده و طی فرایند سرخ کردن، رطوبت کاهش یافته است، در نتیجه میزان پروتئین فیله افزایش یافته است (Gokoglu et al., 2004).

افزایش چربی فیله طی فرایند سرخ شدن می‌تواند در ارتباط با جذب روغن و به علت نفوذ روغن به درون فیله بعد از خروج آب باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که چربی فیله خام نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی دارای مقادیر چربی بسیار پایین‌تری است و همچنین تیمارهایی

گردد. پروفایل اسیدهای چرب فیله و هم‌چنین نسبت n-3/6 و شاخص آتروژنیک (AI) بر اثر سرخ کردن معمولی نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی، افزایش معنی‌دار نشان داد. به طور کلی فرایند سرخ کردن سبب کاهش ترومبوژنیک (TI) گردید. در تیمار، محتوای اسیدهای چرب چند غیر اشباعی PUFA به طور معنی‌داری کاهش یافته و در عوض مقدار اسیدهای چرب اشباع SFA افزایش نشان داد. دلیل این امر، در درجه اول به جذب روغن از محیط سرخ کردنی و تاثیر آن بر پروفایل اسید چرب فیله برمی‌گردد. به‌علاوه می‌توان به افزایش حرارت بافت فیله در اثر فرایند سرخ کردن و در نتیجه شکسته شدن پیوندهای چندگانه‌ی PUFA و هم‌چنین کاهش محتوای اسیدهای چرب C18 (استائتریک اسید، اولئیک اسید و لینوئیک اسید) مرتبط دانست. چراکه اسیدهای چرب غیراشباع در مقایسه با اسید چرب اشباع نسبت به اکسیداسیون ناپایدارتر هستند و طی نگهداری و حرارت دهی میزان آن‌ها کاهش می‌یابد. البته اسیدهای چرب بلند زنجیره چند اشباعی خانواده امگا-۳ در مقابل این تغییرات در مقایسه با اسیدهای چرب خانواده امگا-۶ پایدارتر می‌باشند (Bakar et al., 2008). در فرایند سرخ کردن، به علت جذب اسید لینوئیک از روغن سرخ کردنی توسط فیله افزایش معنی‌داری در اسیدهای چرب ضروری خانواده‌ی n-3 رخ می‌دهد (Larsen et al., 2010). براساس نتایج مطالعه‌ی ی، سرخ کردن سبب افزایش مقدار اولئیک اسید، لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در فیش‌فینگرها شده و این امر سبب کاهش درصد سایر اسیدهای چرب شد. همچنین سرخ کردن سبب افزایش نسبت اسیدهای چرب چندغیراشباعی به اسیدهای چرب اشباع (PUFA/SFA) به ترتیب در فیش‌فینگرهای ساخته شده از گوشت چرخ

کرده و ۸۰ درصد آن، در سطح ماده غذایی باقی می‌ماند که در طی سرد شدن چپس حدود ۶۴ درصد از آن وارد ماده غذایی می‌شود (Andrés-Bello et al., 2010).

نشان داده شده است که اثر ترکیبی فرآیندهای نمک سود سبک و خشک کردن مقدماتی ناگت‌های تولیدی از قزل‌آلای رنگین کمان باعث کاهش جذب روغن طی سرخ کردن عمیق شدند و نمک سود سبک و خشک کردن مقدماتی بهترین اثر را بر کاهش میزان روغن در ناگت‌های سرخ شده نشان داد (Shabanpour and Jamshidi, 2013). هنگامی که فیله در معرض فرآیند پخت قرار می‌گیرد، حرارت موجب دناتوره شدن پروتئین‌ها شده و تجمع آن‌ها به سبب اتصال مولکول‌های پروتئین به یک‌دیگر و انقباض رشته‌های اکتین و میوزین و کلاژن و ظاهر شدن گروه‌های آبگریز در سطح پروتئین شده و واکنش‌های جدیدی بین مولکول‌های پروتئین می‌دهد که به متراکم شدن پروتئین منجر می‌شود؛ بنابراین، آبی که از عضله خارج شده، باعث کاهش رطوبت می‌شود (Santé-Lhoutellier et al., 2008).

با توجه به اینکه در فرایند سرخ کردن از روغن سرخ کردنی استفاده می‌شود و امکان تبادل اسیدهای چرب بین روغن ماهی و روغن سرخ کردنی وجود دارد، سرخ کردن به طور قابل توجهی بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی اثر گذار است و مقدار چربی کل ماهی و پروفایل اسیدهای چرب آن طی فرایند سرخ کردن به شدت تغییر می‌کند (Amira et al., 2010). محتوای پالمیتیک اسید (C16:0) در تیمار ۱ در مقایسه با سایر تیمارها به معنی‌داری افزایش نشان داد ($p < 0.05$)، که بالطبع اثرات آن در کاهش محتوای سایر اسیدهای چرب و تغییر پروفایل اسیدهای چرب در جدول شماره ۲ مشاهده می‌-

افزایش معنی‌دار داشت و به طور کلی فرایند سرخ کردن سبب کاهش شاخص ترومبوژنیک (TI) می‌شود. گفتنی است نسبت اسیدهای چرب غیراشباع سری ۶-n به اسیدهای چرب غیراشباع سری ۳-n شاخص مناسبی برای مقایسه نسبی ارزش تغذیه‌ای چربی ماهیان می‌باشد (Zuraini et al., 2006) و میزان بالای شاخص‌های AI و TI نشان دهنده‌ی کاهش کیفیت چربی است. با توجه به اینکه شاخص‌های TI در فرایند سرخ کردن و شاخص AI در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ کمتر است از این رو خشک کردن قبل از سرخ کردن و خارج کردن روغن فیله در هوای گرم پس از فرایند سرخ کردن می‌تواند تا حدی سبب کاهش این شاخص‌ها شود (Hosseini et al., 2014). براساس مطالعه‌ی نعمت‌بخش و همکاران (۱۳۹۴)، سرخ کردن فیله ماهی در روغن باعث کاهش درصد اسیدهای چرب امگا-۳ و افزایش درصد اسیدهای چرب امگا-۶ گردیدند که علت آن را می‌توان تبادل اسیدهای چرب روغن و چربی ماهی دانست (Nematbakhsh et al., 2015). همانطور که از نتایج مشخص است، استفاده از پیش تیمار خشک کردن قبل از سرخ کردن و خارج کردن روغن سرخ کردن در محیط گرم پس از سرخ کردن، جدای از نوع روغن سرخ کردنی استفاده شده، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از جذب روغن توسط فیله در جریان سرخ کردن و تاثیر بر پروفایل اسید چرب، جلوگیری نماید. به طوری که محتوای چربی و پروفایل اسیدهای چرب این تیمارها در مقایسه با نمونه خام، تغییرات اندکی را نشان دادند. لذا می‌توان به صراحت عنوان نمود که این شیوه‌های بسیار ساده و قابل دسترس برای عموم (به کار گرفته شده در این تحقیق) در مقایسه با شیوه‌های مطالعه شده توسط سایر محققین در به کارگیری انواع روکش‌های غذایی به صورت ساده و

شده و سوریمی گردید (Zakipour Rahimabadi et al., 2011).

مطالعه‌ی Bakar و همکاران (۲۰۰۸)، نشان داد که در روش سرخ کردن نسبت PUFA/SFA تغییرات بیش-تری نسبت به دیگر روش‌های پخت داشت و میزان EPA در روش سرخ کردن و میزان DHA در تمامی روش‌های پخت به میزان ۵ درصد کاهش یافت (Bakar et al., 2008). همچنین Neff و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ی دریافتند که تیمارهای پخت و پز اثر کمی بر میزان اسیدهای چرب n-3 دارند ولی تیمارهای سرخ شده به طور کلی دارای n-6 و MUFA بالاتری بودند که احتمالاً به علت روغن سرخ کردنی مورد استفاده (کلزا) است. همچنین مشخص شد که انتخاب روغن پخت و پز نیز ممکن است کل اسید چرب موجود در ماهی پخته شده را تحت تأثیر قرار دهد (Neff et al., 2014). براساس مطالعات انجام شده، سرخ کردن مقدماتی گوشت در روغن آفتابگردان قبل از سرخ کردن عمیق، می‌تواند سبب کاهش جذب اسیدهای چرب اشباع گردد. البته هنگام استفاده از روغن زیتون، محتوای اسیدهای چرب اشباع نشده افزایش می‌یابد (Miranda et al., 2010). نشان داده شده است که روغن جامد سویا و پنبه دانه، سبب می‌شود تا اسید پالمیتیک در اثر عمل نیمه سرخ کردن سیب زمینی افزایش داشته باشد، در حالیکه اسیدهای استئاریک و اولئیک تغییر چندانی پیدا نکرد. همچنین روغن آفتابگردان به لحاظ تغییرات کم در اسیدهای چرب غیراشباع، روغنی مناسب برای نیمه-سرخ کردن است (Mirzaei et al., 2005).

در این مطالعه نسبت n-3/n-6 و شاخص آتروژنیک (AI) بر اثر سرخ کردن معمولی نسبت به دیگر تیمارها،

ترکیبی و تکنیک‌های دیگر، به‌طور قابل ملاحظه‌ای قادر هستند از تأثیرات منفی شیوه سرخ کردن بر پروفایل

References

۵. منابع

- Ajo, R.Y., 2017. Application of hydrocolloids as coating films to reduce oil absorption in fried potato chip-based pellets. *Pakistan Journal of Nutrition* 16(10), 805-812.
- Amira, M. B., Hanene, J. H., Madiha, D., Imen, B., Mohamed, H., Abdelhamid, C., 2009. Effects of frying on the fatty acid composition in farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *International Journal of Food Science and Technology* 45(1), 113-123.
- Andrés-Bello, A., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., 2010. Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11(4), 630-636.
- Ansorena, D., Guembe, A., Mendizábal, T., Astiasarán, I., 2010. Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. *Journal of Food Science* 75(2), H62-H67.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis (17th ed.). Washington, DC: *Association of Official Analytical Chemistry*.
- Bakar, J., Zakipour Rahimabadi, E., Che Man, Y. B., 2008. Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*). *LWT-Food Science and Technology* 41(10), 2144-2150.
- Cárcel, J. A., García-Pérez, J.V., Benedito, J., Mulet, A., 2012. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering* 110(2), 200-207.
- Chen, S.-D., Chen, H.-H., Chao, Y.-C., Lin, R.-S., 2009. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering* 95(2), 359-364.
- Dana, D., Saguy, I. S., 2006. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Advances in Colloid and Interface Science* 128-130, 267-272.
- De Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L., 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.
- Farkas, B. E., Singh, R. P., Rumsey, T. R., 1996. Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I, model development. *Journal of Food Engineering* 29(2), 211-226.
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Kaynakci, E., 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry* 84(1), 19-22.
- Harlioglu, A.G., 2012. Fatty acid composition, fat soluble vitamins and cholesterol content of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Zoology* 44(4), 1013-1019.
- Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Karimian Khosroshahi, N., 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.
- Kassama, L.S., Ngadi, M., 2016. Relationship between oil uptake and moisture loss during deep fat frying of deboned chicken breast meat. *Advances in Chemical Engineering and Science* 6(4), 324-334.
- Kurek, M., Ščetar, M., Galić, K., 2017. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. *Food Hydrocolloids* 71, 225-235.
- Larsen, D. S., Quek, S.Y., 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.
- Maulvault, A. L., Anacleto, P., Lourenço, H. M., Carvalho, M. L., Nunes, M. L., Marques, A., 2012. Nutritional quality and safety of cooked edible crab (*Cancer pagurus*). *Food Chemistry* 133(2), 277-283.
- Miranda, J. M., Martínez, B., Pérez, B., Antón, X., Vázquez, B. I., Fente, C. A., Franco, C. M., Rodríguez, J. L., Cepeda, A., 2010. The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. *LWT-Food Science and Technology* 43(8), 1271-1276.
- Mirzaei, H., Baladaji, F., Dokhani, S., 2005. Changes in fatty acids in two types of oil due to semi-frying potatoes. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 12(6), 120-126 (in Persian).
- Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A. A., Syed Muhamad, S. H., Che Man, Y., 2011. A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 20(4), 379-390.
- Neff, M.R., Bhavsar, S., Braekevelt, E., Arts, M.T., 2014. Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry* 164C, 544-550.
- Nematbakhsh, S., Fallah Mehrjerdi, A., Jafari, T., 2015. Effects of frying on the content of unsaturated fatty acids in fish meat: a meta-analysis. *Faculty of Veterinary Medicine. Shahrekord University*, p. 56 (in Persian).
- Nikoo, M., Rahimabadi, E.Z., 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(2), 120-129.
- Pedreschi, F., Moyano, P., 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering* 70(4), 557-

563.

- Santé-Lhoutellier, V., Astruc, T., Marinova, P., Greve, E., Gatellier, P., 2008. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(4), 1488-1494.
- Shabanpour, B., Jamshidi, A., 2013. The effect of pre-treatment of salt and preliminary drying on the physical properties and the amount of oil absorption in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Hygiene Magazine* 3(3), 41-54 (in Persian).
- Šimat, V., Bogdanović, T., Poljak, V., Petričević, S., 2015. Changes in fatty acid composition, atherogenic and thrombogenic health lipid indices and lipid stability of bogue (*Boops boops* Linnaeus, 1758) during storage on ice: Effect of fish farming activities. *Journal of Food Composition and Analysis* 40, 120-125.
- Zakipour Rahimabadi, E., Elyasi, A., Sahari, M.A., Zare, P., 2011. Effects of frying on proximate and fatty acids characteristics of fish fingers made from mince and surimi of common carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Food Science and Technology* 8(29), 1-9 (in Persian)
- 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.