Archive of SID

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume 8, Issue 3, Summer 2019
Pages: 127-135
Type: Original Research

Effects of Different Cooking Methods on the Heavy Metals Concentration, Proximate Composition and Fatty Acid Composition of Roach (*Rutilus rutilus caspicus*)

Chari-Aliabad S.[1] ***MSc*, Saeedifar F.**[2] ***MSc*, Akrami R.**[*2] ***PhD***

[1] Fisheries Department, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[2] Food Science & Technology Department, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

Abstract

Aims: Fish is a potential source of vitamins and minerals and the cooking method play an important role in the final content of nutrients of it. The aim of the present study was to the effects of different cooking methods on the heavy metals, fillet proximate composition and fatty acid composition of Roach (*Rutilus rutilus*) fillet.

Materials & Methods: Four cooking methods such as deep frying, baking, steaming, and microwave cooking were applied on the fillet. Determination of the remaining heavy metals of the samples was carried out using atomic absorption. The proximate composition was assessed using the standard methods. To measure the composition of fatty acids, Gas Chromatography method (GC) was applied.

Findings: All treated samples had a significant decrease in moisture (frying) and ash (microwave) and a significant increase in fat (frying) and protein (baking). The polyunsaturated fatty acids (PUFA), ω-3 fatty acids as well as EPA/DHA content increased in baked samples in comparison to raw fish fillets and other cooked. The frying process caused a significant increase in lead concentration content. While the steaming significantly decreased heavy metals concentration in comparison to raw fish fillets and other cooked.

Conclusion: Considering the increasing of EPA, DHA, and ω-3/ω-6 ratio in baked-cooked and losses of heavy metals in steamed, these two cooking methods are the best cooking method for this type of fish and healthy diet.

Keywords
Cooking Method [Not in MeSH];
Rutilus rutilus [Not in MeSH];
Heavy Metals [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68019216];
Body Composition [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68001823];
Fatty Acid [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68005227]

[*]Corresponding Author
Tel: +98 (17) 35722223
Fax: +98 (17) 35724003
Post Address: Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Shahid Rajaei Street, Azadshahr, Iran.
Postal Code:6317836531
akrami.aqua@gmail.com

Received: May 13, 2018 Accepted: January 8, 2020 ePublished: September 21, 2019

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر روش‌های مختلف پخت بر غلظت فلزات سنگین، ترکیب شیمیایی و محتوای اسیدهای چرب فیله ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*)

صدیقه چاری‌علی‌آباد MSc
گروه شیلات، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران
فاطمه سعیدی‌فر MSc
گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران
رضا اکرمی* PhD
گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

چکیده
اهداف: ماهی منبع بالقوه ویتامین‌ها و مواد معدنی است و روش پخت ممکن است نقش مهمی در محتوای نهایی مواد مغذی آن داشته باشد. هدف از مطالعه حاضر تاثیر روش‌های مختلف پخت بر غلظت فلزات سنگین، ترکیب شیمیایی و اسید چرب بافت ماهی کلمه بود.
مواد و روش‌ها: چهار روش پخت شامل بخارپز، کبابی، مایکروویو و سرخ‌کردن روی فیله خام اعمال شد. تعیین میزان فلزات سنگین نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام گرفت. ترکیب شیمیایی بدن با روش استاندارد و ترکیب اسیدهای چرب ماهی با روش گاز کروماتوگرافی (GC) تعیین شد.
یافته‌ها: اعمال روش‌های مختلف پخت منجر به کاهش معنی‌دار رطوبت (سرخ‌کردن) و خاکستر (مایکروویو) و افزایش معنی‌دار چربی (سرخ‌کردن) و پروتئین (کبابی) نسبت به نمونه خام شد. در طبخ به شیوه کبابی میزان اسید چرب PUFA، اسید چرب امگا- ۳ و نسبت ایکوزاپنتانوئیک‌اسید (EPA) به دوکوزاهگزانوئیک‌اسید (DHA) نسبت به سایر روش‌های پخت و نمونه خام افزایش یافت. غلظت جیوه در نمونه‌های سرخ‌شده نسبت به نمونه خام و سایر روش‌های پخت افزایش معنی‌داری یافت. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های بخارپز نسبت به فیله خام و پخته‌شده کاهش معنی‌داری داشت.
نتیجه‌گیری: با توجه به افزایش EPA، DHA و نسبت ω-3/ω-6 در نمونه‌های کبابی و کاهش غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های بخارپز، این دو شیوه پخت بهترین روش پخت برای این نوع ماهی و تغذیه سالم هستند.
کلیدواژه‌ها: روش پخت، ماهی کلمه، فلزات سنگین، ترکیب بدن، اسید چرب

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸
*نویسنده مسئول: akrami.aqua@gmail.com

مقدمه

ماهی‌ها به واسطه میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA)، پروتئین با کیفیت بالا و با قابلیت هضم خوب و مواد معدنی و ویتامین‌های ضروری به‌عنوان منبع ارزشمند در رژیم غذایی انسان شناخته شده‌اند[1]. ماهی کلمه خزری (*Rutilus rutilus caspicus*) یکی از گونه‌های ماهیان استخوانی و باارزش اقتصادی این دریا است. این ماهی به‌دلیل داشتن گوشت خوش‌طعم و بافتی منسجم و سفیدرنگ بسیار مورد توجه مصرف‌کنندگان ایرانی به‌ویژه شمال این کشور است. ماهی کلمه دارای ۶/۳% چربی در عضله است که از ماهیان چرب محسوب می‌شود[2]. با توجه به عرضه این ماهی به‌صورت تازه و در زمان محدودی از سال، مصرف‌کننده این گونه را برای مصرف امن می‌داند. بنابراین نحوه طبخ آن به‌دلیل مصرف بالای آن مورد توجه قرار می‌گیرد. از سویی به علت روش پخت نامناسب، ممکن است گوشت آن دچار تغییرات نامطلوب شود. بنابراین نوع روش و مدت زمان حرارت‌دهی پخت بسیار مهم است، به طوری که محصول نهایی قابل قبول اکثریت واقع شود. حرارت‌دهی یکی از روش‌های متداول در فرآوری مواد غذایی است. گرما در مواد غذایی منجر به غیرفعال‌شدن فعالیت میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و آنزیم‌های لیپولتیک، بهبود کیفیت حسی (بو و طعم)، افزایش قابلیت هضم و افزایش ماندگاری می‌شود[3, 4]. از طرفی استفاده از حرارت می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند کاهش ارزش غذایی، کاهش رطوبت و دناتوره‌شدن پروتئین‌ها به‌ویژه پروتئین‌های میوفیبریل شود[5, 6].

در فرآیند پخت ماهی، واکنش‌ها و تغییراتی فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهد که نوع و میزان آن بستگی به شیوه پخت و محتوای چربی فیله دارد[7, 8]. پخت به شیوه‌های مختلف نیز روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تاثیرگذار است. در خلال پخت، چربی‌ها تحت تاثیر اکسیداسیون حرارتی قرار می‌گیرند که سریع‌تر از اکسیداسیون در نمونه‌های خام است[9]. از آنجایی که اکثریت اسیدهای چرب چند غیراشباعی در گوشت ماهی از نوع اسید چرب امگا- ۳ و امگا- ۶ هستند، درنتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز آنها می‌تواند در کیفیت غذا تاثیر داشته باشد. با این حال مطالعات مختلف به پایداری ایکوزاپنتونوئیک‌اسید (EPA) و دوکوزاهگزونوئیک‌اسید (DHA) در انواع مختلف پخت در برخی گونه‌های ماهی اشاره داشته‌اند[10].

روش‌های متنوعی برای طبخ ماهیان به کار می‌رود که با توجه به رسم محلی و ذایقه افراد متفاوت است. از جمله روش‌های طبخ می‌توان به سرخ‌کردن با حرارت ملایم اشاره کرد که بدترین روش طبخ از دیدگاه کاهش ارزش غذایی ماهی است و سرعت بالا و طعم خوب تنها مزیت آن به شمار می‌آید[11]. روش دیگر، بخارپزکردن است که سالم‌ترین روش پخت غذا محسوب می‌شود، زیرا ازدست‌رفتن مواد مغذی به حداقل میزان ممکن می‌رسد[11]. همچنین کباب‌کردن نیز از روش‌های مرسوم و سریع است که طعمی دل‌چسب به ماده غذایی می‌دهد و مواد مغذی آن تا حد زیادی حفظ می‌شود[12]. به‌طور کلی، به‌دلیل ویژگی‌های ساختار بافت ماهی و میزان ناچیز کلاژن آن، حرارت اندکی لازم است و افت ارزش تغذیه‌ای بالا نیست[13].

آلودگی محیط‌های آبی با فلزات سنگین به‌عنوان یکی از مسایل جدی مطرح است. ماهیان موجود در محیط‌های دریایی به‌دلیل آلودگی با نفت و فاضلاب‌های صنعتی و خانگی در معرض فلزات سنگین هستند که برای سلامت انسان مضر است[14]. فلزات سنگین در غلظت‌های بالا به‌دلیل سمیت و تجمع در بافت برای تمام موجودات زنده بسیار خطرناک هستند[15]، بنابراین، تعیین غلظت فلزات سنگین در ماهیان به‌منظور ارزیابی ریسک خطر مصرف ماهی

www.SID.ir

Archive of SID

در سلامت انسان دارای اهمیت است[3]. از آنجایی که غذاهای دریایی معمولاً قبل از مصرف پخته یا فرآوری می‌شوند، روش‌های پخت می‌تواند بر میزان باقیمانده این آلاینده‌ها در مواد غذایی فرآیندشده موثر باشد[13, 16].

اگرچه ماهی‌ها به‌طور معمول به‌صورت سرخ‌شده توسط مردم مصرف می‌شوند ولی تمایل مصرف‌کنندگان برای روش‌های پخت تغییر کرده است. با این وجود مصرف‌کنندگان اطلاعات اندکی در مورد ارزش غذایی ماهی خام و پخته‌شده دارند. همچنین کیفیت ماهیان بعد از استفاده از روش‌های مختلف پخت، شبیه به هم نیست. از این رو تعیین حفظ مواد مغذی در ماهیان پخته‌شده در روش‌های معمول پخت برای دستیابی به حداکثر کیفیت تغذیه مهم و ضروری به نظر می‌رسد. علی‌رغم مطالعات متعدد در رابطه با اثر پخت بر غلظت عناصر سنگین و ترکیب اسید چرب در آبزیان، تاکنون پژوهشی در خصوص تاثیر پخت بر باقیمانده غلظت فلزات سنگین و محتوای اسید چرب ماهی کلمه انجام نگرفته است. بنابراین در مطالعه حاضر تغییر بقایای فلزات سنگین، ترکیبات مغذی بدن و پروفایل اسید چرب عضله ماهی کلمه به چهار روش بخارپزکردن، کباب‌کردن، مایکروویو و سرخ‌کردن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ماهیان کلمه استفاده‌شده در این مطالعه به‌صورت تازه از نمونه‌های صیدشده از سواحل جنوب شرقی دریای خزر واقع در منطقه بندر ترکمن انتخاب شدند. ماهیان بلافاصله در جعبه‌های یونولیتی حاوی یخ (نسبت ماهی به یخ ۱ به ۲ وزنی/وزنی) نگهداری و در مدت کمتر از ۲ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. روش نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی بود و نمونه ماهی انتخاب‌شده به‌طور تقریبی وزنی معادل ۳۵±۳۶۰گرم داشت. به محض ورود ماهیان به آزمایشگاه، با آب سرد شسته و سرزنی و تخلیه امعا و احشا شدند. از هر ماهی فیله‌هایی با وزن ۸۰ تا ۱۰۰گرم و ضخامت ۲ تا ۳سانتی‌متر به دست آمد. فیله‌ها پس از آماده‌سازی برای آزمون‌های مورد نظر به چهار روش طبخ شدند.

نمونه‌های فیله ماهی طبق روش دستورالعمل پخت غذاهای دریایی (AOAC) پخته شدند. روش‌های پخت انتخاب‌شده در این مطالعه، روش‌های معمول فرآوری ماهی توسط مصرف‌کنندگان ایرانی بودند که شامل بخارپزکردن، مایکروویو، سرخ‌کردن غوطه‌وری و کباب‌کردن بود[17]. در روش بخارپز فیله‌های ماهی در بخارپز استیل ضدزنگ از نوع مولتی استیل (پارس‌خزر؛ ایران)، محتوی ۵۰۰میلی‌لیتر آب جوش، بر روی ظرف‌های ضدزنگ قرار گرفتند و درب بخارپز گذاشته شد. نمونه‌های فیله ماهی در بخارپز به مدت ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه قرار گرفتند تا فیله‌ها در حرارت بخار آب پخته شدند. بعد از سپری‌شدن زمان پخت، فیله‌ها روی پارچه جاذب قرار داده شدند. روش سرخ‌کردن به‌صورت غوطه‌وری در روغن آفتابگردان به وسیله سرخ‌کن در مدت زمان ۵ دقیقه در دمای ۱۸۰°C انجام شد. در طبخ به شیوه مایکروویو نمونه‌های فیله ماهی در صفحه شیشه‌ای قرار گرفتند و دستگاه مایکروویو مدل CE3260E (Samsung؛ کره جنوبی) را روی قدرت ۱۰۰% (بالا) تنظیم شد و در مدت ۴۰ ثانیه نمونه‌ها پخته شدند. بعد از پخت، نمونه‌ها روی حوله جاذب قرار داده شدند. در روش کبابی فیله‌ها تا زمان پخت (حدود ۱۰ دقیقه) روی زغال قرار گرفتند. بعد از اتمام فرآیند پخت، نمونه‌ها در دمای اتاق خنک شدند. قبل از انجام آنالیز فیله‌ها، پوست و استخوان از فیله پخته‌شده جدا شدند. تمام نمونه‌ها در هر روش پخت با استفاده از همزن آشپزخانه همگن شدند. از هر تیمار مورد آزمایش، سه تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌های خام و پخته به‌منظور ارزیابی فاکتورهای کیفی نظیر ترکیبات مغذی بدن، پروفایل اسید چرب و غلظت فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفتند.

تجزیه تقریبی لاشه ماهیان در انتهای آزمایش شامل پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خاکستر از طریق روش استاندارد AOAC (۲۰۰۵) [18] اندازه‌گیری و تعیین شد. پروتئین کل با استفاده از دستگاه کجلدال، چربی با استفاده از روش سوکسله، خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰°C به مدت ۴ ساعت و رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵°C به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد.

سنجش فلزات سنگین (سرب، جیوه و کادمیوم) طبق روش استاندارد AOAC (۲۰۰۵) [18] انجام شد. ۱۵گرم نمونه خشک‌شده در هاون چینی پودر و در کوره با دمای ۱۰۰°C به مدت یک ساعت قرار داده شد. به ازای هر یک ساعت دمای کوره ۵۰°C افزایش داده شد تا دمای کوره به ۴۵۰°C برسد. سپس نمونه‌ها به مدت ۸ ساعت در این دما نگهداری شدند. نمونه‌های خاکسترشده با ۳-۱میلی‌لیتر آب مقطر مرطوب شدند و برای تبخیرشدن بر روی هات‌پلیت قرار گرفتند و مجدداً نمونه‌های خاکسترشده در کوره به مدت یک تا دو ساعت در دمای کمتر از ۲۰۰°C قرار داده شدند و دمای کوره به ازای هر یک ساعت، ۵۰-۱۰۰°C بالا برده شد تا دما به ۴۵۰°C رسید. نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت نیز در این دما نگهداری شدند. ۵میلی‌لیتر هیدروکلریک‌اسید (HCl) ۶مولار به بوته چینی اضافه شد تا خاکسترها از دیواره بوته چینی با اسید حل و نمونه‌ها روی هات‌پلیت قرار داده شدند تا اسید تبخیر شود. به‌منظور هضم، نمونه‌ها به همراه ۳۰-۱۰میلی‌لیتر نیتریک‌اسید (HNO_3) ۰/۱مولار حل شدند. پس از پوشاندن درب بوته‌های چینی، نمونه‌ها به مدت ۲-۱ ساعت در دمای اتاق قرار داده و سپس از کاغذ صافی عبور داده و در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند. در نهایت میزان فلزات سنگین موجود در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی با کوره گرافیتی مدل GBC (استرالیا) سنجش شدند.

برای استخراج چربی به‌منظور بررسی پروفایل اسید چرب از حلال‌های کلروفرم و متانول از روش *بکار* و همکاران[19] و برای متیل‌استرکردن اسیدهای چرب از روش *متکالف* و همکاران[20] استفاده شد. در این روش، پس از اضافه‌کردن سود متانولی، استاندارد داخلی و هگزان به لوله آزمایش حاوی نمونه روغن، این لوله به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. سپس محلول

www.SID.ir

Archive of SID

بورتری‌فلوراید متانولی به آن اضافه و مجدداً در حمام آب جوش قرار گرفته شد و پس از خنک‌شدن هگزان، نمک طعام اشباع نیز به آن اضافه و به‌شدت تکان داده و سپس بدون حرکت گذاشته شد تا محلول به دو فاز تقسیم شود. از فاز بالایی برای تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل G2614A (ایالات متحده) استفاده شد. بررسی پروفایل اسید چرب با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی (Unicam-4600) انجام شد. برای این منظور از ستون نوع Film tekness BPX7 (۳۰×۰/۲۵میلی‌متر) استفاده شد. دمای قسمت تزریق نمونه ۲۵۰°C و دمای دتکتور ۲۸۰°C بود. برنامه دمایی آون دستگاه به قرار زیر بوده است: دمای اولیه ۱۶۰°C برای مدت ۶ دقیقه، افزایش دما به ۱۸۰°C با نرخ ۲۰ درجه در دقیقه و حفظ دما به مدت ۹ دقیقه و سپس افزایش مجدد دما به ۲۰۰°C با نرخ ۲۰ دقیقه و حفظ دما برای مدت ۵ دقیقه. از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل استفاده و مقدار ۰/۱میکرولیتر نمونه به دستگاه تزریق شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به‌دست‌آمده در محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل‌استر، اسیدهای چرب موجود در فیله نمونه‌های خام و پخته شناسایی شد. مقادیر اسیدهای چرب به‌صورت درصد زیر پیک از کل بیان شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد. به منظور بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار بین تیمارها و مقایسه میانگین‌ها از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن در سطح ۵% استفاده شد.

یافته‌ها

ترکیب شیمیایی بدن نشان داد که دامنه رطوبت فیله‌ها بین ۶۸ تا ۸۰% بود و با استفاده از روش‌های مختلف طبخ میزان رطوبت فیله در نمونه کاهش یافت. فیله خام ماهی کلمه دارای ۸۰/۵۵% رطوبت بود. کمترین میزان رطوبت در تیمار سرخ‌کردن (۶۸/۵۳%) و بیشترین میزان آن در تیمار بخارپز (۷۸/۳۸%) مشاهده شد ($p<0/05$). میزان خاکستر فیله بعد از پخت کاهش یافت. با این حال کمترین میزان خاکستر در تیمار مایکروویو (۱/۱%) و بیشترین میزان آن در نمونه خام (۱/۴۲%) مشاهده شد ($p<0/05$). میزان چربی پس از فرآیند پخت افزایش یافت. به این ترتیب که بیشترین و کمترین میزان چربی به‌طور معناداری به ترتیب در تیمار سرخ‌کردن (۸/۷۵%) و نمونه خام (۱/۱۷%) به دست آمد ($p<0/05$). میزان پروتئین در همه روش‌های پخت به جز روش سرخ‌کردن افزایش یافت، به‌طوری که کمترین محتوای پروتئین در نمونه سرخ‌شده (۱۵/۳۹%) و بیشترین میزان آن در تیمار کبابی (۲۱/۳۷%) مشاهده شد (جدول ۱؛ $p<0/05$).

غلظت سرب در نمونه فیله خام ۰/۲۴میکروگرم بر کیلوگرم بود و در تمام روش‌های پخت با نمونه خام تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0/05$)، به‌طوری که کمترین غلظت فلز سرب در نمونه بخارپز مشاهده شد ($p<0/05$). غلظت کادمیوم در نمونه خام ۰/۰۰۹میکروگرم بر کیلوگرم بود و در کلیه روش‌های پخت به جز روش سرخ‌کردن با نمونه خام تفاوت معنی‌داری داشت ($p<0/05$). غلظت جیوه در نمونه خام ۰/۱۳میکروگرم بر کیلوگرم بود و به استثنای فیله‌های سرخ‌شده در سایر روش‌های پخت کاهش معنی‌داری در غلظت جیوه در مقایسه با فیله خام مشاهده شد ($p<0/05$) و کمترین غلظت این فلز در روش پخت بخارپز به دست آمد ($p<0/05$). در مجموع نتیجه‌گیری شد که نمونه‌های بخارپزشده ماهی کلمه به‌طور معنی‌داری کمترین غلظت فلز سنگین سرب، کادمیوم و جیوه را نسبت به سایر روش‌های پخت و نمونه فیله خام به خود اختصاص داده بودند (جدول ۲؛ $p<0/05$).

محتوای اسید چرب ماهی کلمه نشان داد که فراوان‌ترین اسیدهای چرب اشباع (SFA) مریستیک‌اسید، پالمیتیک‌اسید و استئاریک‌اسید بودند. پالمیتولئیک‌اسید و اولئیک‌اسید مهم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند دوگانه (MUFA) بودند. فراوان‌ترین اسیدهای چرب یافت‌شده در نمونه خام پالمیتیک‌اسید، اولئیک‌اسید و دوکوزاهگزانوئیک‌اسید (DHA) بودند. محتوای چربی در نمونه خام از الگوی نسبی PUFA>MUFA>SFA تبعیت کرد. اعمال روش‌های مختلف پخت تاثیر معنی‌داری بر محتوای SFA و PUFA نداشت ($p>0/05$)، ولی کاهش معنی‌داری در اسیدهای چرب غیراشباع با یک باند دوگانه (MUFA) در نمونه‌های پخته‌شده به شیوه بخارپز و کبابی به دست آمد (جدول ۳؛ $p<0/05$).

جدول ۱) میانگین آماری تاثیر پخت به شیوه‌های متفاوت روی ترکیب شیمیایی بدن ماهی کلمه

ترکیب بدن (درصد)	نمونه خام	بخارپز	مایکروویو	کباب‌کردن	سرخ‌کردن
رطوبت	۸۰/۵۵±۰/۰۳۵^{a}	۷۸/۳۸±۰/۱۱۳^{b}	۷۸/۱۹±۰/۰۷^{b}	۷۵/۸۹±۰/۰۱۴^{c}	۶۸/۵۳±۰/۲۸^{d}
پروتئین	۱۷/۳۸±۰/۰۹^{a}	۱۹/۰۷±۰/۲۴۷^{b}	۱۹/۵±۰/۰۶۳^{b}	۲۱/۳۷±۰/۰۳۵^{a}	۱۵/۳۹±۰/۱۲۷^{d}
چربی	۱/۱۷±۰/۰۱۴^{d}	۲/۲۸±۰/۰۱^{b}	۲/۰۶±۰/۰۲۸^{c}	۲/۲۶±۰/۰۲۸^{b}	۸/۷۵±۰/۰۷^{a}
خاکستر	۱/۴۲±۰/۱۲۷^{a}	۱/۱۱±۰/۰۱۱^{b}	۱/۱±۰/۰۱۴^{b}	۱/۲۷۵±۰/۰۳۵^{b}	۱/۲۶۵±۰/۰۱۹^{b}

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری است ($p>0/05$).

جدول۲) تاثیر پخت به شیوه‌های متفاوت بر غلظت فلزات سنگین فیله ماهی کلمه (میکروگرم بر کیلوگرم وزن خشک)

فلز سنگین	نمونه خام	بخارپز	مایکروویو	کباب‌کردن	سرخ‌کردن
سرب	۰/۲۴±۰/۰۲۱^{a}	۰/۰۸۵±۰/۰۰۷^{d}	۰/۱±۰/۰۰۷^{cd}	۰/۱۳±۰/۰۱۴^{c}	۰/۱۸±۰/۰۱۶^{b}
کادمیوم	۰/۰۰۹±۰/۰۰^{a}	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۷^{c}	۰/۰۰۸±۰/۰۰^{b}	۰/۰۰۸±۰/۰۰^{b}	۰/۰۰۹±۰/۰۰^{a}
جیوه	۰/۱۳±۰/۰۱۴^{a}	۰/۰۵۵±۰/۰۰۷^{c}	۰/۰۷۵±۰/۰۰۷^{bc}	۰/۰۹±۰/۰۱۵^{b}	۰/۱۴±۰/۰۱۴^{a}

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری است ($p>0/05$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳) ترکیب اسید چرب فیله خام و پخته‌شده ماهی کلمه به روش‌های مختلف طبخ

اسید چرب	نمونه خام	بخارپز	مایکروویو	کباب‌کردن	سرخ‌کردن
C14:0 (مریستیک‌اسید)	۱/۷۷±۰/۰۷^{a}	۱/۶۴±۰/۰۵^{ab}	۱/۵۳±۰/۰۴^{b}	۱/۷۱±۰/۰۲^{ab}	۱/۷۴±۰/۳^{ab}
C16:0 (پالمیتیک‌اسید)	۱۸/۷۸±۰/۳۸^{a}	۲۰/۵۶±۰/۶۲^{a}	۱۸/۵۴±۰/۶۴^{a}	۲۰/۴۳±۰/۴۵^{a}	۱۸/۲۱±۰/۸۷^{a}
C18:0 (استئاریک‌اسید)	۸/۱۴±۰/۱۲^{a}	۵/۱۶±۰/۱۷^{b}	۸/۶۲±۰/۱۴^{a}	۴/۹۷±۰/۱۴^{b}	۷/۵۸±۰/۲۳^{a}
ΣSFA	۲۷/۵۹±۰/۴۸^{a}	۲۷/۳۶±۰/۰۱۴^{a}	۲۷/۷۶±۰/۷^{a}	۲۷/۱۳±۰/۰۲^{a}	۲۷/۵۳±۱/۰۶^{a}
C16:1 (پالمیتولئیک‌اسید)	۸/۶۳±۰/۰۴^{a}	۸/۴۶±۰/۰۹^{a}	۸/۷۶±۰/۰۵^{a}	۸/۷۵±۰/۰۷^{a}	۸/۹۱±۰/۰۶^{a}
C18:1 (اولئیک‌اسید)	۲۵/۱۲±۰/۱۴^{a}	۲۳/۷۳±۰/۰۵^{b}	۲۴/۵۲±۰/۴^{a}	۲۳/۵۹±۰/۱۳^{b}	۲۴/۶۸±۰/۰۷^{a}
ΣMUFA	۳۳/۶۳±۰/۷۶^{a}	۳۲/۱۹±۰/۲۷^{b}	۳۳/۲۳±۰/۰۷^{ab}	۳۲/۳۶±۰/۱۸^{b}	۳۳/۹۸±۰/۳۴^{a}
C18:2ω$_6$ (لینولئیک‌اسید)	۱۱/۳۵±۰/۱۶^{b}	۱۱/۱۵±۰/۰۷^{b}	۱۱//۳۱±۱/۴۵^{b}	۱۱/۳۲±۰/۰۳^{b}	۱۲/۴۱±۰/۱۱^{a}
C18:3ω$_3$ (لینولنیک‌اسید)	۱/۰۸±۰/۰۳^{a}	۱/۱۳±۰/۰۱۴^{a}	۱/۰۵±۰/۰۱۴^{a}	۱/۱±۰/۰۰۷^{a}	۱/۰۶±۰/۰۶^{a}
C20:4ω$_6$ (آراشیدونیک‌اسید)	۰/۸۶±۰/۰۵^{a}	۰/۸۲±۰/۰۰۷^{a}	۰/۸۶±۰/۰۲^{a}	۰/۸۴±۰/۰۰۷^{a}	۰/۷۲±۰/۰۰۷^{b}
(EPA) C20:5ω$_3$	۱/۲±۰/۰۶^{a}	۱/۱۶±۰/۰۱۴^{a}	۱/۲۵±۰/۱۷۶^{a}	۱/۱۵±۰/۰۲^{a}	۱/۰۷±۰/۰۳^{a}
(DHA) C22:6ω$_3$	۲۳/۲۶±۰/۶^{a}	۲۴/۱۷±۰/۷^{a}	۲۲/۹۱±۱/۱^{a}	۲۴/۷۷±۰/۴^{a}	۲۵/۷±۱/۱^{a}
ΣPUFA	۳۸/۶۵±۱/۲۵^{a}	۴۰/۱۲±۰/۰۴^{a}	۳۹/۳۶±۰/۶۳^{a}	۴۰/۴۵±۰/۲۸^{a}	۳۸/۳±۱/۴^{a}
W$_3$	۲۵/۶۲±۱/۰۳^{a}	۲۷/۱۲±۰/۱۷^{a}	۲۵/۷۸±۰/۹^{a}	۲۷/۶±۰/۴^{a}	۲۶/۴۲±۱/۲۹^{a}
W$_6$	۱۲/۳±۰/۲۲^{a}	۱۲/۶۸±۲/۶۶^{a}	۱۲/۵۸±۱/۵۳^{a}	۱۲/۲±۰/۰۳۵^{a}	۱۲/۹±۰/۱۳^{a}
ΣEPA+DHA	۲۲/۱±۰/۸۸^{a}	۲۳/۶±۰/۱۷^{a}	۲۲/۲۸±۱۰/۰۶^{a}	۲۴/۰۸±۰/۰۸^{a}	۲۳/۱±۱/۲۴^{a}
PUFA/SFA	۱/۴±۰/۰۷^{a}	۱/۴۵±۰/۰۲^{a}	۱/۴۵±۰/۰۶^{a}	۱/۵±۰/۰۱^{a}	۱/۳۹±۰/۰۱^{a}
W$_3$/W$_6$	۱/۹۶±۰/۴۹^{a}	۲/۱۳±۰/۰۱۴^{a}	۱/۹±۰/۲۸^{a}	۲/۲±۰/۰۷^{a}	۲/۱۱±۰/۰۸^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

بحث

مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات ترکیب شیمیایی بدن، محتوای اسید چرب و باقیمانده فلزات سنگین پس از اعمال روش‌های مختلف پخت انجام شد. طبق نتایج میزان رطوبت فیله ماهی کلمه با به‌کارگیری روش‌های مختلف پخت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و دامنه این تغییر بین ۱۲-۲% بود. کاهش محتوای رطوبت بعد از فرآیند پخت ماهی به‌دلیل ازدست‌دادن آب طی این فرآیند است. با این وجود، میزان کاهش رطوبت در روش بخارپز کمتر بود[21]. کمترین میزان رطوبت در تیمار سرخ‌کردن و بیشترین میزان در تیمار بخارپز بود. میزان رطوبت در نمونه خام ۸۰/۵۵% تخمین زده شد. نتایج بررسی حاضر نشان داد که میزان رطوبت در روش بخارپز (۷۸/۳۸%) در مقایسه با سایر روش‌های پخت افزایش یافت، که دلیل این عدم کاهش رطوبت در نمونه‌های بخارپز به شیوه پخت آنها مربوط بود. رطوبت در نمونه‌های کبابی و سرخ‌شده فیله کلمه کاهش یافت که قابل پیش‌بینی نیز بود. در شرایط کبابی و سرخ‌شدن به‌دلیل دمای بالا می‌توان انتظار داشت که رطوبت را بیشتر تحت تاثیر قرار دهد. میزان ازدست‌دادن آب در روش کبابی نسبت به سرخ‌کردن کمتر است. به نظر می‌رسد این تغییرات به نرخ تغییر دمای غذا (سریع‌تر در سرخ‌کردن) و دمای فرآیند (بالاتر در کباب‌کردن) مربوط باشد.

هنگامی که گوشت ماهی در معرض حرارت و فرآیند پخت قرار می‌گیرد، حرارت موجب تغییر ماهیت پروتئین‌ها و تجمع آنها باعث اتصال مولکول‌های پروتئینی به یکدیگر و انقباض رشته‌های اکتین، میوزین و کلاژن و همچنین نمایان‌شدن گروه‌های آب‌گریز در سطح پروتئین می‌شود. درنتیجه، واکنش‌های جدیدی بین مولکول‌های پروتئین ایجاد و سبب تجمیع ساختمان پروتئین می‌شود. بنابراین آبی که از عضله خارج می‌شود، رطوبت را کاهش می‌دهد[12]. *قیومی جویانی* و همکاران[6] گزارش کردند که اعمال روش‌های متفاوت پخت رطوبت فیله ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) را ۹-۱% کاهش داد. تاثیر روش‌های مختلف پخت در لابستر (*Thenus orientalis*) نشان داد که بالاترین میزان رطوبت در نمونه‌های بخارپز و پایین‌ترین میزان در نمونه‌های سرخ‌شده است[22]. در شباهت با یافته مطالعه حاضر، *آبرومند*[23] گزارش کرد که بالاترین میزان رطوبت در شیوه بخارپز و همچنین مقدار رطوبت در نمونه خام *Carangoides malabaricus* در مقایسه با سایر روش‌های پخت بالاتر بود. در مطالعه *لارسن* و همکاران[17] روش‌های مختلف پخت رطوبت فیله ماهی قزل‌آلای سلطنتی (*Oncorhynchus tshawytscha*) را کاهش داد و کمترین میزان رطوبت در تیمار سرخ‌کردن و بیشترین آن در تیمار خام و آب‌پز مشاهده شد. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، *گوکولو* و همکاران[24] گزارش کردند که بیشترین و کمترین میزان رطوبت در نمونه قزل‌آلای سرخ‌شده و خام به دست می‌آید. در تایید یافته مطالعه حاضر، *ویر* و همکاران[1] اظهار کردند که سرخ‌کردن سبب افت بیشتر رطوبت می شود. در شباهت با یافته مطالعه حاضر، اعمال روش‌های مختلف پخت منجر به کاهش معنی‌دار رطوبت فیله ماهی کفال قرمز (*Mullus barbattus*) و گربه‌ماهی نقره‌ای (*Rhamdia quelen*) نسبت به فیله خام شد[1, 25].

کاهش رطوبت مهم‌ترین عامل تغییر محتوای پروتئین، چربی و خاکستر است که در ماهی‌های پخته‌شده به‌طور قابل توجهی افزایش مـی‌یابد[7]. تغییرات مواد مغذی نیز به تغـییر روش پخت و به‌ویژه

www.SID.ir

Archive of SID

دما بستگی دارد. بر این اساس افزایش میزان پروتئین و چربی در فیله ماهی کلمه پخته‌شده به‌دلیل کاهش رطوبت است. میزان چربی فیله در روش سرخ‌کردن به‌طور قابل توجهی افزایش یافت که به جذب روغن در فیله طی فرآیند پخت نسبت داده می‌شود. بنا بر نتایج *باباخانی لشکان* و همکاران[26] روش‌های مختلف پخت باعث افزایش معنی‌دار چربی کل و پروتئین و کاهش معنی‌دار رطوبت و عدم تفاوت معنی‌دار خاکستر فیله ماهی سفید ***Rutillus kutum*** شد. اعمال روش‌های مختلف پخت در لابستر[22] حاکی از افزایش چربی در نمونه‌های سرخ‌شده و کاهش آن در نمونه‌های بخارپز بود. در مطالعه *زکی‌پور رحیم‌آبادی* و *بکر*[27] میزان چربی نمونه خام ماهی شیر (***Scomberomorous commerson***) در شیوه کباب‌کردن، سرخ‌کردن و بخارپز روند افزایشی داشت و همانند نتایج مطالعه حاضر در فرآیند سرخ‌شدن افزایش چربی شیب بیشتری پیدا کرد. در مطالعه *اصغری* و همکاران[28] بیشترین و کمترین میزان چربی به ترتیب در فیله سرخ‌شده و بخارپزشده قزل‌آلای رنگین‌کمان (***Oncorhynchus mykiss***) به دست آمد. گزارش شده است که در فرآیند حرارت، قابلیت استخراج لیپیدها ممکن است تحت تاثیر تغییرات کمپلکس پروتئین- چربی موجود در بافت ماهی قرار گیرد که این امر باعث می‌شود لیپیدهای متصل‌شده طی فرآیند پخت به‌عنوان لیپیدهای آزاد رها و استخراج آنها تسهیل شود. علاوه بر این، عوامل مکانیکی می‌توانند قابلیت استخراج چربی‌های کل را تحت تاثیر قرار دهند، زیرا ماهی‌های پخته‌شده دارای بافت‌های بسیار نرم‌تری هستند و به‌راحتی همگن می‌شوند، بنابراین چربی‌های بیشتری استخراج می‌شود[17]. علاوه بر این، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که جذب چربی به ماهی طی سرخ‌کردن به‌طور معکوس به مقدار کل چربی اولیه ماهی مربوط است[29]. بدان معنی که ماهیان کم‌چرب در مقایسه با ماهیان پرچرب مقادیر بیشتر چربی را طی فرآیند سرخ‌کردن به خود جذب می‌کنند[1] و این امر به‌دلیل محتوای کمتر آب در ماهیان پرچرب است.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که در روش سرخ‌کردن، میزان پروتئین به شکل معنی‌داری از میزان پروتئین فیله پخته‌شده به روش بخارپز و کبابی کمتر بود که احتمال می‌رود افزایش محتوای روغن در فیله در نمونه سرخ‌شده اثر کاهشی بر محتوای سایر ترکیبات مغذی داشته است. *آبرومند*[23] نتیجه مشابهی با مطالعه حاضر گزارش کرد. بدین ترتیب که میزان پروتئین فیله ***Carangoides malabaricus*** در نمونه سرخ‌شده، به شکل معنی‌داری کمتر از روش بخارپز و کبابی بود. *کوگولو* و همکاران[24] گزارش کردند که افزایش پروتئین در نمونه‌های قزل‌آلای پخته‌شده نسبت به تیمار خام بیانگر این است که نیتروژن پروتئین در طول فرآیند پخت کاهش نمی‌یابد، ولی در مطالعه *اصغری* و همکاران[28] میزان پروتئین در نمونه خام قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به نمونه بخارپز کمتر بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین تاثیر روش‌های مختلف پخت در گربه‌ماهی نقره‌ای حاکی از افزایش پروتئین بود[1] که منطبق با یافته مطالعه حاضر است. تاثیر روش‌های مختلف پخت در ماهی ***Dicentrarchus labrax*** نشان داد که تغییر در محتوای مواد مغذی فیله در روش‌های مختلف پخت معنی‌دار بود، به‌طوری که میزان پروتئین، چربی و خاکستر فیله در همه روش‌های طبخ نسبت به نمونه فیله خام افزایش معنی‌داری داشت که با نتایج مطالعه حاضر در محتوای پروتئین و خاکستر تفاوت، ولی در محتوای چربی فیله ماهی کلمه شباهت داشت[30]. در مطالعه دیگری مبنی بر تاثیر روش‌های مختلف پخت در لابستر[22]، بالاترین و پایین‌ترین میزان پروتئین در نمونه‌های کبابی و سرخ‌شده بود.

در مطالعه حاضر میزان خاکستر در نمونه خام ماهی کلمه ۱/۴۲±۰/۱۲۷% به دست آمد که طی فرآیند پخت به روش‌های متفاوت روند کاهشی داشت و به نظر می‌رسد کاهش در محتوای رطوبت و افزایش در پروتئین و چربی با اعمال روش‌های مختلف پخت منجر به کاهش خاکستر فیله شده است. این تغییرات مشابه یافته *وبر* و همکاران در گربه‌ماهی نقره‌ای[1] و *اروسی* و همکاران در گربه‌ماهی کانالی[3] بود. در مغایرت با نتایج مطالعه حاضر، *آبرومند*[23] افزایش پروتئین و خاکستر در فیله‌های بخارپز و کبابی ماهی ***Carangoides malabaricus*** را گزارش کرد. *اصغری* و همکاران[28] مشاهده کردند که روش‌های مختلف پخت در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث افزایش خاکستر فیله شد که با نتایج مطالعه حاضر تفاوت داشت. در مطالعه دیگری تاثیر روش‌های مختلف پخت در لابستر[22] نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین میزان خاکستر در نمونه‌های سرخ‌شده و بخارپز است. البته *هنینگ* و *هافمن* خاطر نشان کردند که دلیل افزایش میزان خاکستر نمونه‌های پخته‌شده نسبت به خام نامعلوم است[21]. *حسینی* و همکاران[31] افزایش پروتئین، چربی و خاکستر فیله ماهی سفید را با به‌کارگیری روش‌های مختلف پخت گزارش کردند. به‌طور خلاصه می‌توان اظهار داشت که کاهش میزان رطوبت مهم‌ترین عامل افزایش محتوای چربی و پروتئین در فیله طبخ‌شده ماهی کلمه بود. در مطالعه حاضر، کمترین محتوای پروتئین و بالاترین میزان چربی مربوط به فیله ماهی سرخ‌شده بود. بنابراین سرخ‌کردن ماهی کلمه نمی‌تواند به‌عنوان یک روش پخت مناسب برای رژیم غذایی سالم توصیه شود. فلزات سنگین می‌توانند به سلامت مصرف‌کنندگان آسیب برسانند. بنابراین تعیین غلظت فلزات سنگین در ماهی خام و پخته‌شده مهم است. بررسی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه طی فرآیندهای مختلف پخت نشان داد که غلظت آنها در روش سرخ‌کردن نسبت به سایر روش‌های پخت افزایش یافت و کمترین غلظت این فلزات در روش بخارپز به دست آمد. احتمالاً یکی از مهم‌ترین علل افزایش غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های سرخ‌شده، کاهش وزن نمونه به علت کاهش رطوبت است. *آتا* و همکاران[32] کاهش غلظت فلزات سنگین در ماهی تیلاپیای نیل را در فرآیند بخارپز گزارش کردند و علت این کاهش را آزادشدن این فلزات به‌دلیل کاهش آب به‌صورت نمک و یا ترکیب با پروتئین‌های محلول بیان کردند. نتایج مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

حاضر نشان می‌دهد که میانگین غلظت جیوه، سرب و کادمیوم پایین‌تر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (جیوه ۱۰۰، کادمیوم ۳ و سرب ۱۰میکروگرم بر کیلوگرم) و در محدوده مجاز تدوین‌شده توسط سازمان غذا و داروی ایالات متحده قرار دارد و مصرف آن هیچ‌گونه خطری برای سلامتی انسان ایجاد نمی‌کند. در مطالعه *فروزانفر* و همکاران[33] غلظت فلز جیوه در فیله ماهی کپور معمولی پخته‌شده به روش مایکروویو نسبت به روش بخارپز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی غلظت فلز سرب در هر دو شیوه پخت نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت، به‌طوری که بالاترین غلظت فلز سرب در روش مایکروویو به دست آمد و در نهایت بهترین روش پخت برای این ماهی روش مایکروویو بود. در مطالعه *ارسوی* و همکاران[34] که در رابطه با ماهی سی‌باس (*Dicentrarchus labrax*) انجام شد، غلظت کادمیوم در نمونه‌های سرخ‌شده و مایکروویو به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی غلظت سرب در نمونه‌های طبخ‌شده به شیوه مایکروویو و آون کاهش پیدا کرد. آنها نتیجه‌گیری کردند که مایکروویو و سرخ‌کردن روش مناسبی برای این گونه نیست و پختن به روش کبابی و آون مناسب‌ترین روش برای مصرف انسان است. برخلاف یافته مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری در غلظت فلز سرب بین نمونه فیله خام گربه‌ماهی آفریقایی و نمونه‌های طبخ‌شده وجود نداشت[3].

روش پختی که سبب حفظ اسیدهای چرب غیراشباع شود و طی این روش کمترین تغییرات در میزان اسیدهای چرب غیراشباع اتفاق بیفتد، مطلوب‌ترین روش برای پخت است. اسیدهای چرب پاسخ متفاوتی به دمای پخت می‌دهند و به‌طور کلی اسیدهای چرب اشباع پایداری نسبی بالاتری در برابر شیوه‌های مختلف پخت دارند[25]. یافته‌های حاصل از میزان ∑SFA حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار روش‌های مختلف پخت بر فیله ماهی کلمه بود، به‌طوری که کمترین میزان ∑SFA برای تیمار کبابی و بخارپز گزارش شد. مهم‌ترین اسیدهای چرب اشباع در نمونه ماهی کلمه، مریستیک‌اسید، پالمیتیک‌اسید و استئاریک‌اسید بودند. در شباهت با یافته مطالعه حاضر، *اصغری* و همکاران[28] گزارش کردند که پالمیتیک‌اسید و اولئیک‌اسید به ترتیب مهم‌ترین اسیدچرب اشباع‌شده و تک غیراشباعی هستند. میزان SFA برای تعیین کیفیت تغذیه‌ای لیپید در غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد و مصرف محصولات غذایی با SFA پایین برای سلامتی انسان مفیدتر است. بنابراین دو شیوه پخت کبابی و بخارپز کاهش میزان SFA و کیفیت محصول را از نظر شاخص تغذیه‌ای ایجاد کردند. در مطالعه *حسینی* و همکاران[31] پختن فیله ماهی سفید موجب کاهش نسبی مقدار SFA نسبت به فیله خام شد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. در شباهت با یافته مطالعه حاضر، اعمال روش‌های مختلف پخت تغییر معنی‌داری در میزان SFA فیله گربه‌ماهی نقره‌ای ایجاد نکرد[1].

نتایج ∑MUFA (اسیدهای چرب تک غیراشباعی) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود. بیشترین میزان ∑MUFA به تیمار سرخ‌کردن و کمترین میزان نیز به تیمار بخارپز اختصاص یافت. به همین ترتیب در طبخ به شیوه‌های متفاوت در ماهی شیر نیز بیشترین مقدار MUFA به‌طور معنی‌داری در روش سرخ‌کردن به دست آمد[27]. مقایسه روش‌های مختلف پخت در فیله ماهی کفال[25] حاکی از کاهش معنی‌دار MUFA در نمونه‌های پخت‌شده بود، به‌طوری که کمترین میزان این شاخص در پخت به روش آون به دست آمد. برخلاف مطالعه حاضر، در مطالعه‌ای پخت به شیوه‌های مختلف تغییری در میزان MUFA فیله گربه‌ماهی نداشت[1]. *تورکان* و همکاران[30] گزارش کردند که میزان MUFA در نمونه‌های پخت‌شده در مقایسه با فیله خام ماهی سی‌باس کاهش یافت و کمترین مقدار این شاخص به‌طور معنی‌داری در نمونه‌های سرخ‌شده تعیین شد. در همین راستا اعمال روش‌های مختلف پخت، کاهش اسید چرب تک غیراشباع در فیله ماهی تیلاپیا را به دنبال داشت[6]. اثر روش‌های مختلف در لابستر نشان داد که بالاترین میزان اسید چرب MUFA در نمونه خام و کمترین میزان در نمونه بخارپز است[22]. *وبر* و همکاران[1] گزارش کردند که فیله‌های سرخ‌شده در روغن کانولا میزان MUFA بیشتر و PUFA کمتری نسبت به فیله خام و نمونه‌های سرخ‌شده در روغن سویا دارند. این نتایج به‌طور عمده به ترکیب اسید چرب روغن سرخ‌کردنی نسبت داده شده است. در شباهت با مطالعه حاضر، در مطالعه *حسینی* و همکاران[31] نمونه‌های سرخ‌شده ماهی سفید مقادیر بیشتری از لینولئیک‌اسید را به خود اختصاص دادند و سایر روش‌های پخت اثر معنی‌داری بر میزان لینولئیک‌اسید نداشتند. روغن آفتابگردان محبوب‌ترین روغن سرخ‌کردنی در ایران و منبع خوبی از لینولئیک‌اسید است. به‌دلیل جذب روغن طی فرآیند سرخ‌کردن، افزایش لینولئیک‌اسید در ماهیان سرخ‌شده به ترکیب اسید چرب روغن آفتابگردان نسبت داده می‌شود. به استثنای روش سرخ‌کردن، سایر روش‌های پخت تاثیر معنی‌داری بر میزان آراشیدونیک‌اسید نداشتند. سرخ‌کردن باعث کاهش معنی‌دار آراشیدونیک‌اسید شد و این کاهش می‌تواند به‌دلیل حساسیت بالای باند دوگانه اسیدچرب باشد[35].

در مطالعه حاضر DHA فراوان‌ترین اسید چرب امگا- ۳ در ماهی کلمه بود. همه روش‌های پخت میزان کل امگا- ۳ را در فیله ماهی کلمه کاهش دادند، اگرچه این کاهش معنی‌دار نبود. در شباهت با مطالعه حاضر، *نورهان*[36] نشان داد پخت به شیوه کبابی و مایکروویو تاثیر معنی‌داری بر محتویات امگا- ۳ و امگا- ۶ اسید چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ندارد. برخلاف مطالعه حاضر، در مطالعه *حسینی* و همکاران[31] اعمال روش‌های مختلف پخت میزان امگا- ۳ ماهی سفید را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. طبق اظهار *کوبا* و همکاران[25] فرآیند سرخ‌کردن باعث کاهش نسبت پالمیتیک‌اسید و اسیدهای چرب غیراشباع شد، در حالی که نسبت اسیدهای چرب غیراشباع (PUFA) افزایش یافت که با نتایج مطالعه حاضر مغایرت داشت. *اصغری* و همکاران[28] بیان کردند میزان اسیدچرب امگا- ۳ در فیله ماهی قزل‌آلا در طبخ به شیوه

www.SID.ir

Archive of SID

مایکروویو افزایش و در سرخ‌کردن کاهش دارد و در نهایت پخت به روش مایکروویو را بهترین شیوه برای طبخ این گونه توصیه کردند. تاثیر روش‌های مختلف پخت بر کاهش امگا- ۳ به ترکیب اسید چرب و حساسیت آنها به اکسیداسیون بستگی دارد. همچنین اگرچه پخت به روش‌های متفاوت اختلاف معنی‌داری در میزان امگا- ۶ فیله ماهی کلمه ایجاد نکرد ولی مقدار آن در روش سرخ‌کردن بالاتر بود که علت آن می‌تواند به غنی‌بودن روغن آفتابگردان از اسیدهای چرب امگا- ۶ مربوط باشد. پروفایل اسید چرب ماهیان قزل‌آلای پخته‌شده با روش‌های مختلف حاکی از کاهش معنی‌دار SFA، MUFA و افزایش معنی‌دار PUFA بود[28]، ولی در مطالعه حاضر به استثنای روش سرخ‌کردن، میزان کل PUFA در مقایسه با فیله خام افزایش یافت ولی با تفاوت معنی‌داری همراه نبود. همچنین نسبت PUFA/SFA و ω-3/ω-6 در ماهیان کلمه کبابی افزایش یافت، اگرچه معنی‌دار نبود. حداقل میزان توصیه‌شده PUFA/SFA برابر ۰/۴۵ است. بنابراین تمامی تیمارها دارای میزان بیشتری از حداقل میزان توصیه‌شده نسبت PUFA/SFA هستند و بهترین آن متعلق به طبخ به شیوه کبابی بود. پایین‌تربودن میزان SFA و اثر مثبت بیشتربودن میزان PUFA در پیشگیری از مشکلات قلبی- عروقی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است. جذب امگا- ۶ منجر به افزایش خطر بیماری‌های قلبی- عروقی می‌شود، در حالی که جذب امگا- ۳ اثر بازدارندگی دارد. از این رو هر چه نسبت ω-3/ω-6 بیشتر باشد مطلوب‌تر است. بنابراین براساس نتایج به‌دست‌آمده طبخ به شیوه کبابی در مقایسه با سایر تیمارها دارای برتری است.

نتیجه‌گیری

ماهی کلمه منبع ارزشمند PUFA ω-3 است که به‌طور عمده اسیدهای بلندزنجیره هستند. به‌طور کلی ترکیبات فلزات سنگین، اسید چرب و ترکیبات مغذی در ماهی کلمه با توجه به روش پخت تقریباً متفاوت بود. بیشترین اتلاف آب و بیشترین میزان چربی در نمونه‌های سرخ‌شده به دست آمد. غلظت فلز سنگین کادمیوم و سرب در نمونه‌های پخته‌شده نسبت به نمونه خام کاهش معنی‌داری داشت. نتایج نشان داد که اسیدهای چرب طی چهار روش پخت تحت تغییرات مختلف قرار می‌گیرند، برای مثال پخت به شیوه کبابی هیچ زیانی از PUFAها نداشت، زیرا DHA+EPA اسیدهای چرب در این روش به خوبی حفظ شده بودند. بنابراین افزایش نسبت ω-3/ω-6 در طبخ به روش کبابی باعث افزایش ارزش تغذیه ماهی کلمه شد. در نهایت پخت کبابی و بخارپز را می‌توان به‌عنوان بهترین روش برای ماهی کلمه و سلامت مصرف‌کنندگان توصیه کرد.

تشکر و قدردانی: از دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر به‌دلیل حمایت‌های معنوی و همچنین تمام عزیزانی که در انجام این مطالعه کمک و یاری رساندند و به‌ویژه آقای مهندس پانق مسئول آزمایشگاه خاک، آب و گیاه صفای گنبد تشکر و قدردانی می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: این مطالعه، تعارضی با منافع حقیقی یا حقوقی ندارد.

سهم نویسندگان: صدیقه چاری‌علی‌آباد (نویسنده اول)، روش‌شناس/ پژوهشگر اصلی (۳۰%)؛ فاطمه سعیدی‌فر (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی (۲۵%)؛ رضا اکرمی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۴۵%)

منابع مالی: مطالعه حاضر از پشتیبانی مالی نهاد یا سازمانی برخوردار نبوده است.

منابع

1- Weber J, Bochi VC, Ribeiro CP, Victório AD, Emanuelli T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (Rhamdia quelen) fillets. Food Chem. 2008;106(1):140-6.

2- Ghorbani S, Haghighi D, Maghsoodieh Kohan H, Parvaneh Moghadam D, Salavatian SM. Effect of dietary protein levels on the growth and body composition of roach Caspin Sea (Rutilus caspicus) fingerling. Fish Sci Technol. 2018;7(4):255-61. [Persian]

3- Ersoy B, Özeren A. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. Food Chem. 2009;115(2):419-22.

4- Yagiz Y, Kristinsson HG, Balaban MO, Welt BA, Ralat M, Marshall MR. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. Food Chem. 2009;116(4):828-35.

5- Rodríguez A, Carriles N, Cruz JM, Aubourg SP. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (Oncorhynchus kisutch) with previous storage in slurry ice (-1.5 C). LWT-Food Sci Technol. 2008;41(9):1726-32.

6- Ghauomi Jooyani A, Khoshkhoo Z, Motallebi AA, Moradi Y. The effect of different methods on fatty acid composition of Tilapia, Oreochromis niloticus, fillets. Iran Sci Fish J. 2011;20(2):97-108. [Persian]

7- Garcıa-Arias MT, Pontes EÁ, Garcıa-Linares MC, Garcıa-Fernandez MC, Sanchez-Muniz FJ. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (Sardina pilchardus) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. Food Chem. 2003;83(3):349-56.

8- Gall KL, Otwell WS, Koburgier JA, Appledorf H. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. J Food Sci. 1983;48(4):1068-74.

9- Fogerty AC, Whitfield FB, Svoronos D, Ford GL. Changes in the composition of the fatty acids and aldehydes of meat lipids after heating. Int J Food Sci Technol. 1990;25(3):304-12.

10- Ingemansson T, Peltersson A, Kaufmann P. Lipid hydrolysis and oxidation related to astaxanthin content in light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (Oncorbynchus mykiss). J Food Sci. 1993;58(3):513-8.

11- Jafarpour A, Razmi M, Kavousi H. Effects of cooking methods on physical properties and sensory evaluation of rainbow trout fillets (Oncorhynchus mykiss). Fish Sci Technol. 2015;4(1):9-31.[Persian]

12- Hosseini SV, Shafaei F, Kayshams M, Mardoukhi S. Evaluation of different cooking methods on the nutritional and organoleptic properties of consolidated fish burger (Kilka-Chicken). Fish Sci Technol. 2017;6(3):15-27.[Persian]

13- Moats WA. The effect of processing on veterinary residue in foods. In: Jackson LS, Kniz MG, Morgan JN,

www.SID.ir

Archive of SID

26- Babakhani Lashkan A, Rezaei M, Hosseni H, Bahramifar N. Effects of different cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of kutum (Rutilus kutum). Fish Sci Technol. 2010;9(1):37-48. [Persian]
27- Zakipour Rahimabadi E, Bakar J. Effects of four cooking methods (microwave, grilling, steaming and Shallow fat frying) on lipid oxidation and fatty acid composition of Scomberomorous comerson. J Food Sci Technol. 2011;8(31):51-60. [Persian]
28- Asghari L, Zeynali F, Sahari MA. Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: Changes in fatty acids, total protein, and minerals. J Appl Ichthyol. 2013;29(4):847-53.
29- Sioen I, Haak L, Raes K, Hermans C, De Henauw S, De Smet S, et al. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. Food Chem. 2006;98(4):609-17.
30- Türkkan AU, Cakli S, Kilinc BE. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (Dicentrarchus labrax, Linnaeus, 1758). Food Bioprod Process. 2008;86(3):163-6.
31- Hosseini H, Mahmoudzadeh M, Rezaei M, Mahmoudzadeh L, Khaksar R, Karimian Khosroshahi N, et al. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (Rutilus frisii kutum). Food Chem. 2014;148:86-91.
32- Atta MB, El-Sebaie LA, Noaman MA, Kassab HE. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (Tilapia nilotica). Food Chem. 1997;58(1-2):1-4.
33- Forouzanfar F, Askari Sari A, Chelemal Dezfool Nezhad M. The effect of steamed and microwaved cooking on the levels of heavy metals; lead and mercury in the Cyprinus carpio's muscle. Nat Sci. 2013;11(6):25-8. [Persian]
34- Ersoy B, Yanar Y, Küçükgülmez A, Çelik M. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (Dicentrarchus labrax Linne, 1785). Food Chem. 2006;99(4):748-51.
35- De Castro FA, Sant'Ana HM, Campos FM, Costa NM, Silva MT, Salaro AL, et al. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chem. 2007;103(4):1080-90.
36- Nurhan U. Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) after cooking. Int J Food Sci Technol. 2007;42(9):1087-93.
editors. Impact of processing on food Safety. Boston: Springer; 1999. pp. 233-41.
14- Kalogeropoulos N, Karavoltsos S, Sakellari A, Avramidou S, Dassenakis M, Scoullos M. Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. Food Chem Toxicol. 2012;50(10):3702-8.
15- Emami Khansari F, Ghazi-Khansari M, Abdollahi M. Heavy metals content of canned tuna fish. Food Chem. 2005;93(2):293-6.
16- Maulvault AL, Machado R, Afonso C, Lourenço HM, Nunes ML, Coelho I, et al. Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab. Food Chem Toxicol. 2011;49(11):2808-15.
17- Larsen D, Quek SY, Eyres L. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (Oncorhynchus tshawytscha). Food Chem. 2010;119(2):785-90.
18- AOAC. Official method of analysis. 17th Edition. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists; 2005.
19- Bakar J, Zakipour Rahimabadi E, Che-Man Y. Lipid characteristics in cooked, chillreheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (Scomberomorous guttatus). LWT-Food Sci Technol. 2008;41(10):2144-50.
20- Metcalf LD, Schmitz AA, Pelka JR. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal Chem. 1966;38(3):514-5.
21- Hoffman LC, Prinsloo JF, Casey NH, Theron J. Effects of five cooking methods on the proximate, fatty acids and mineral composition of fillets of the African sharptooth catfish (Clarias garieppinus). Die SA Tydskrif vir Voedselwetenskap en Voeding. 1994;64(2):146-52.
22- Gholamzadeh A, Rumiani L, Raisei M. Effects of various cooking methods on fatty acid profiles and chemical composition of lobster (Thenus orientalis). J Mar Biol. 2017;9(3):45-58.[Persian]
23- Aberoumand A. Nutrient composition analysis of gish fish fillets affected by different cooking methods. Int Food Res J. 2014;21(5):1989-91.
24- Gokoglu N, Yerlikaya P, Cengiz E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Food Chem. 2004;84(1):19-22.
25- Koubaa A, Mihoubi NB, Abdelmouleh A, Bouain A. Comparison of the effects of four cooking methods on fatty acid profiles and nutritional composition of red mullet (Mullus barbatus) muscle. Food Sci Biotechnol. 2012;21(5):1243-50.

www.SID.ir