تغییرات شاخص‌های اکسایشی چربی و ترکیب اسیدهای چرب فیله نمک سودشده ماهی آمور *Ctenopharyngodon idella* تحت تاثیر انواع روش‌های پخت

مسعود هدایتی‌فرد[1*]، سید محمد میری[2]

*hedayati.m@qaemiau.ac.ir

۱- گروه شیلات و فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

۲- دانشکده تحصیلات تکمیلی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹٦

چکیده

تغییرات چربی و اسیدهای چرب غیراشباع فیله نمک‌سود ماهی آمور تحت تاثیر روش‌های مختلف پخت بررسی شد. برای این منظور فیله‌های خام، نمک‌سود شده (با ۲۴ درصد نمک خشک) و پخته‌شده (سرخ شده، آب‌پز، حرارت مایکروویو و کباب شده) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که هم نمک‌سود کردن و هم سرخ‌کردن موجب افزایش میزان چربی شد ($p<0.05$)، تمامی روش‌های پخت موجب افزایش شاخص‌های اکسایشی چربی شدند، اما سرخ کردن موجب بالاترین افزایش ارزش پراکساید (با ۴/۶۶ PV meqO2/kg) و کمترین افزایش تیوباربیتوریک اسید (با ۰/۵۲۵ TBA mgMDA/Kg) گردید و پختن با مایکروویو بالاترین اسیدهای چرب آزاد (۱/۹۹٪ FFA) را تولید نمود. همچنین طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)، چندغیراشباع (PUFA) و مجموع ω-6 افزایش یافتند اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت (PI) کاهش یافتند ($p<0.05$) که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود، درحالیکه روی ω-3 بی‌تاثیر بود ($p>0.05$). از طرف دیگر دربین روش‌های مختلف پخت، سرخ‌کردن موجب کاهش شدید اسیدهای چرب اشباع (SFA) از ۲۹/۷۹ به ۲۲/۹۳ ٪ و برعکس افزایش قابل توجه UFA از ۵۵/۵۷ به ۷۱/۱۶ ٪ شد که می تواند ناشی از نفوذ نوع روغن مایع مصرفی به درون بافت ماهی باشد. سرخ کردن همچنین میزان ω-6 را (۱۶/۱۸ به ۳۶/۱۳ ٪) افزایش داد ($p<0.05$) ولی روی ω-3 بی‌اثر بود. تمام روش‌های پخت به دلیل فرآیند حرارتی به شدت موجب افت شاخص PI گردیدند ($p<0.05$). فقط آب‌پز کردن موجب کاهش ω-3 فیله نمک‌سود (از ۲/۱۵ به ۱/۴۴ ٪) شد ($p>0.05$). همچنین فرآیند پخت با مایکروویو موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص PI گردید، ولی روی سایر ترکیبات مهم "فیله نمک‌سود آمور" تاثیری نداشت و در نهایت کباب کردن نیز بدون تاثیر روی اسیدهای چرب UFA، PUFA، ω-3 و حتی ω-6، صرفا موجب کاهش معنی‌دار مجموع اسیدهای چرب EPA+DHA (از ۱/۰۶ به ۰/۴۹٪) گردید ($p<0.05$). با این حال هیچیک از روش‌های معمول پخت ماهی، موجب فساد کیفی چربی نشدند.

کلمات کلیدی: اسیدهای چرب چندغیراشباع، روش‌های پخت، ماهی آمور، نمک‌سود

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

مقدمه

مصرف ماهی و سایر آبزیان در جهان به منظور تامین غذا و همچنین فواید آن در حفظ سلامت انسان در حال افزایش است (Tidwell & Allan, 2001). بهبود سطح زندگی و تغییر فرهنگ تغذیه‌ای مردم، توجه به ارتقاء تولید و کیفیت مواد غذایی مطابق با استانداردهای جهانی را امری اجتناب ناپذیر می‌کند. با رشد روز افزون جمعیت، فرآورده‌های دریایی به عنوان یکی از با ارزش‌ترین منابع، جهت تامین پروتئین جامعه در راستای کاهش واردات گوشت قرمز و اثرات سوء مصرف بی‌رویه آن از جنبه سلامت انسان مطرح می‌باشند (Connell, 2002). آبزیان منبع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند (Delgado *et al*., 2002). مطالعه ترکیبات بیوشیمیایی و ارزش غذایی اهمیت زیادی دارد که در مورد ماهی، پایه ای‌ترین آنها سنجش ترکیب تقریبی گوشت آن بهمراه ترکیب اسیدهای چرب می‌باشد.

از مدت‌ها قبل چربی ماهی‌ها به دلیل مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع و ۵ تا ۶ پیوند دوگانه مورد توجه خاص قرار گرفته‌اند (Puwastien *et al*.,1999). گوشت انواع ماهیان دارای مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها (A، B_3، B_6، B_{12}، E، D) و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری، مخصوصاً اکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) می‌باشد. در واقع غذاهای دریایی، منبع اصلی اسیدهای چرب غیراشباعی (PUFA) می‌باشند. از این رو انسان بخش اعظم اسیدهای چرب ضروری به ویژه EPA و DHA را از مصرف ماهی، بی-مهرگان آبزی و ماکروجلبک‌ها بدست می‌آورد (Arts *et al*., 2001).

از سوی دیگر، چربی غذاهای دریایی به دلیل وجود مقدار زیاد اسیدهای چرب PUFA و امگا-۳ در زمره ترکیبات ضروری در تغذیه انسان محسوب می‌شود. این اسیدهای چرب، نقش مثبت و مهمی در رشد و نمو طبیعی بدن، عملکرد سیستم‌های قلبی عروقی و ایمنی و پیشگیری از برخی بیماری‌های انسانی ایفا می‌کنند (Broadhurst *et al*., 2002; Kinsella, 1987).

مطالعات در همین رابطه نشان داده است که مصرف ماهی به دلیل وجود لیپیدهای غیراشباع و به ویژه اسیدهای چرب ω-3 و ω-6 در کاهش علائم و عوارض قلبی مؤثر است (Nordøy *et al*., 2001) و وجود آنها در رژیم غذایی روزانه می‌تواند حملات قلبی ناگهانی و احتمال ترومبوزیس که از دلایل اصلی حملات قلبی است، کاهش دهد (Hedayatifard & Moeini, 2007). همچنین فواید اسیدهای چرب غیراشباع در تنظیم ضربان قلب (Torrejon *et al*., 2007) و افزایش توانایی یادگیری به اثبات رسیده است (Shirai *et al*., 2002).

از آنجایی که اسیدهای چرب ضروری غیراشباع خانواده امگا-۳ و امگا-۶ توسط بدن انسان سنتز نمی‌شوند، باید از طریق تغذیه تامین شوند. بنابراین وجود اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه (PUFA) در ماهیان آب شیرین و دریایی از مزایای ارزشمند مصرف آنها است که نقش مهمی را در حفظ سلامتی انسان با پیشگیری از بیماریهای قلبی عروقی، ایفا می‌کند. ماهی اصلی ترین منبع ω-3 برای انسان به شمار می‌رود (Hedayatifard, 2009)، بر اساس توصیه انجمن قلب آمریکا (AHA)، مقدار مصرف ماهی باید حداقل دو بار در هفته باشد تا تأثیرات خود را نشان دهد. بنابراین مصرف ماهی بسیار مورد توجه می‌باشد (Özogul *et al*., 2005).

این موضوع لزوم بررسی ترکیب اسیدهای چرب بافت فیله انواع ماهیان پرورشی و دریایی را نشان می‌دهد. ماهی و ترکیب اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب آن یکی از با ارزشترین مواد غذایی دربین محصولات دامی محسوب می‌شود (هدایتی‌فرد و پورمولایی، ۱۳۹۵). علاوه بر این، نسبت PUFA/SFA یعنی مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به مجموع اسیدهای چرب اشباع شده (Afkhami *et al*., 2011)، وجود اسیدهای چرب غیراشباع سری ω-3 و ω-6 (Ackman *et al*, 2002; Vaccaro *et al*., 2005; Hedayatifard & Jamali, 2008)، مجموع اسیدهای چرب سری ω-3 و ω-6 (Ackman *et al*, 2002; Hedayatifard & Moeini, 2007)، نسبت اسیدهای چرب سری ω-3 به ω-6 (Özogul *et al*., 2005; Hedayatifard &

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

(Yousefian, 2010) و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک و دوکوزاهگزانوئیک (EPA+DHA) (Ackman *et al*, 2002; Hedayatifard & Yousefian, 2010) از شاخص‌های اصلی سنجش ارزش غذایی ماهیان می‌باشند.

از بین روش‌های رایج نگهداری ماهی، نمک سود کردن (Dry Salting) یکی از قدیمی‌ترین تکنیک‌های شناخته شده محافظت و افزایش طول عمر ماهی و نیز تاثیرگذار بر طعم، رنگ و بافت است و قبل از دیگر روش-های فرآوری نظیر دودی کردن، خشک کردن، کنسرو نمودن و ترد کردن مورد استفاده بوده است(Fuentes *et al*., 2007) فرآیند نمک‌زنی و جذب نمک به فاکتورهای متعددی شامل گونه، نوع ماهیچه، اندازه ماهی، ضخامت فیله، وزن، حالت فیزیولوژیکی، روش نمک زنی، غلظت آب نمک، مدت زمان فرایند نمک زنی و نسبت ماهی به نمک دارد (Sobukola & Olatunde, 2011). هم اکنون فرآیند نمک‌سود کردن به عنوان یک تیمار اسمزی که به طور اساسی به ایجاد خصوصیات حسی و ارگانولپتیکی محصول کمک می‌نماید، درنظر گرفته می شود (معینی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Boudhrioua *et al*., 2009). استفاده از نمک علاوه بر بهبود طعم، از طریق فرایند اسمزی باعث خروج مقداری از رطوبت گوشت و کاهش فعالیت آبی آن می‌گردد. در نتیجه خروج آب، رشد باکتری‌ها و فعالیت آنزیم‌ها محدود می‌گردد (هدایتی‌فرد، ۱۳۹۴).

همچنین حرارت‌دهی یکی از روش‌های متداول در پخت ماهی است که برای ایجاد تغییرات در طعم و مزه و افزایش عمر نگهداری ماده غذائی استفاده می‌شود (Castro-González *et al*, 2015). فرآیندهای مختلف پخت، باعث تغییرات قابل توجهی در ترکیبات مغذی ماده غذایی از جمله چربی و اسیدهای چرب می‌شود (Castro-González *et al*, 2015; Hedayatifad & Yousefian, 2010). اثر روش‌های متفاوت پخت بر روی ارزش غذایی و برخی ترکیبات بیوشیمیایی ماهیانی همانند گواف (*Channa striatus* Marimuthu *et al*., 2011)، گربه‌ماهی راه‌راه (*Pangasius hypophthalmus*) (Domiszewski, *et al*., 2011)، ماهی آزاد سالمون (Şengör *et al*., 2013)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Gokoglu *et al*., 2004; Asghari *et al*., 2013)، شاه‌ماهی کفال (*Mullus barbatus*) (Koubaa *et al*., 2012)، ماهی سفید دریای مازندران (*Rutlus frisii* kutum) (Hosseini *et al*., 2014)، ماهی قباد اسبی (*Trachurus trachurus*) (Erkan *et al*., 2010)، کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) (نورزائی و همکاران، ۱۳۹۴)، ماهی شیر *Scomberomorous commerson* (زکی‌پور رحیم‌آبادی و بکر، ۱۳۹۰)، تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) (قیومی‌جونیانی و همکاران، ۱۳۹۰) و انواع ماهیان دریایی (Moradi *et al*., 2011; Castro-González *et al*., 2015) مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین تحقیقاتی نیز پیرامون تک‌روش‌های پخت همانند کباب‌کردن فیله تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (جنت‌علیپور و همکاران، ۱۳۹۰) و قزل‌آلای رنگین کمان قزل‌آلا (Choubert and Baccaunaud, 2009) و سرخ‌کردن کپورنقره‌ای (Naseri *et al*, 2013) و کیلکا نانی‌شده (*Clupeonella cultriventris*) (Khanipour *et al*., 2014) صورت پذیرفته‌است.

محدودیت صید ماهیان سبب شده است تا آبزی پروری تنها راه پاسخگوی افزایش تقاضای ماهی و غذاهای دریایی باشد (Cahu *et al*., 2004) و کپورماهیان در این راستا از مهمترین گونه‌های پرورشی محسوب می‌شوند. در این تحقیق، تاثیر روش‌های مختلف پخت شامل سرخ کردن، آب‌پز، مایکروویو و کباب کردن بر روی تغییرات میزان چربی و اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا-۳ فیله نمک سود ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) به عنوان یکی از مهمترین‌ماهیان پرورشی آب شیرین مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در پاییز ۱۳۹۴ ۲۴ عدد ماهی آمور پرورشی با وزن کل ۲۰ کیلوگرم و با وزن متوسط ۸۵۰±۳/۵۰ گرم و طول متوسط ۲۰/۲۸±۱/۳۵ سانتی‌متر، بصورت تازه از بازار ماهی فروشان مازندران تهیه شد. نمونه‌ها پس از شستشو در داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ (به صورت لایه‌های

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

متناوبی از یخ و ماهی) به آزمایشگاه تغذیه و فرآورده‌های غذایی انتقال داده شدند. دسته‌ای از نمونه‌ها جهت تهیه فیله نمک سود با ۲۴ درصد نمک کریستال، به روش خشک و در درجه حرارت محیطی (۲۲ تا ۲۴ درجه سلسیوس) به مدت ۴۸ ساعت نمک سود شدند(Doe, 1988).

نمونه فیله‌های خام و نمک‌سود شده پس از سرزنی، تخلیه شکمی و شستشو مجدد به قطعات نمک-سود شده فیله ماهی با ضخامت ۲ سانتیمتر و وزن تقریبی ۱۰۰ گرم تهیه شدند. در مجموع ۵۰ قطعه فیله‌ی ۱۰۰ گرمی تهیه و جهت شش پارامتر به ازای هرکدام ۳ بار تکرار آماده گردیدند. جهت نمونه‌برداری برای هر پارامتر، بخشی از ۳ قطعه فیله به طور تصادفی انتخاب گردید. دسته‌ای از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) و بقیه با شیوه‌های متفاوت سرخ کردن، آب‌پز کردن، کباب کردن در آون و استفاده از مایکروویو مورد پخت قرار گرفتند.

در این تحقیق در فرآیند سرخ کردن، ابتدا روغن به مدت ۲ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس در سرخ کن (Tefal Azur FR) حرارت داده شد و سپس فیله‌ها در روغن قرار داده شدند (اصلاح‌شده Moreira *et al.*, 1997)؛ بعد از اتمام فرآیند، فیله سرخ شده، به آهستگی در ظرف استیل ضد زنگ فیله ها در آب در حال جوش به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شدند. آب‌پز کردن با استفاده از غوطه‌وری ماهی در آب جوش به مدت ۵ دقیقه انجام شد. کباب کردن در آون (UN55, Memmert, GR) در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه صورت پذیرفت، به این ترتیب که آون به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد، سپس نمونه‌ها در ظرف شیشه‌ای در داخل آون قرار داده شد و فرآیند پخت انجام شد و در نهایت پختن با امواج مایکروویو(Solar-DOM^{MT}, LG, 100W, KR) در طول موج ۲۴۵۰ MHZ به مدت ۱۳ دقیقه انجام شد (Kocatepe *et al.*, 2011).

چربی بر مبنای روش Bligh و Dyer برای استخراج چربی مقدار ۴۰ گرم از نمونه چرخ شده ماهی، به داخل ظرف دکانتور ۵۰۰ میلی لیتری منتقل شد و ۱۶۰ سی سی متانول و به همین میزان کلروفوم به دکانتور اضافه شد. با اضافه شدن آب مقطر به مجموعه، فازها از یکدیگر جدا گردید. نسبت متانول، کلروفورم و آب ۲ : ۲ : ۱/۶ بود. لایه کلروفورمی محتوی چربی جدا سازی شد. با خروج حلال و توزین مجدد بالن مقدار روغن و درصد چربی نمونه ماهی بر مبنای وزن تر محاسبه شد(Kirk & Sawyer, 1991). برای سنجش اندیس پراکساید (PV) نمونه ای از روغن استخراج شده از ماهی را به دقت در ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری سرسمباده‌ای وزن نموده و حدود ۲۵ میلی لیتر از محلول اسید استیک کلروفورمی (نسبت کلروفروم به اسید استیک ۲ : ۳) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول یدرو پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه اضافه و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Kirk & Sawyer, 1991) و میزان پراکسید مورد محاسبه قرار گرفت. همچنین سنجش تیوباربیتوریک اسید (TBA) به وسیله رنگ سنجی صورت گرفت. به طوریکه مقدار ۲۰۰ میلی گرم از نمونه چرخ شده ماهی به بالن ۲۵ میلی لیتری انتقال یافت و سپس با ۱-بوتانل به حجم رسانده شد. ۵ میلی لیتر از مخلوط فوق به لوله های خشک درب دار وارد شده و به آن ۵ میلی لیتر از معرف TBA افزوده گردید (معرف TBA به وسیله حل شدن ۲۰۰ میلی گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱-بوتانل پس از فیلتر شدن به دست می‌آید). لوله‌های درب دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس توسط دستگاه اسپکتروفتومتری مقدار جذب (As) در ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم) محاسبه شد (Kirk & Sawyer, 1991). شاخص اسیدهای چرب آزاد (FFA) نیز برحسب درصد اولئیک اسید (OLA %) تعریف شد (Hedayatifard, 2003) و جهت بررس تازگی روغن کاربرد دارد. میزان ۱۰ گرم روغن در ارلن توزین شده سپس توسط استوانه مدرج، ۵۰ میلی‌لیتر از اتانول (۹۸ درجه) بعنوان حلال تهیه و به روغن اضافه گردید و پس از بهم‌زدن، ۲ تا ۳ قطره فنول فتالئین افزوده و نهایتا با بعد از مخلوط حلال و روغن، با

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

سود ۰/۱ نرمال تیتر گردید تا زمانی که رنگ صورتی حاصله ۱۰ ثانیه دوام داشته باشد. و نهایتا درصد اولئیک اسید به دست آمد.

در نهایت ترکیب اسیدهای چرب بوسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC-7890 A, Agilent Technol) با دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای (FID) با ستون موئینه (50m×0.25mm×0.2µm) صورت گرفت (Stansby, 1990)؛ بطوریکه پس از استخراج چربی، استر متیل اسیدهای چرب تهیه و با دستگاه گاز کروماتوگراف اندازه گیری شدند. هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق ۲۴۰°C، ردیاب ۲۸۰ °C، ستون ۱۶۰ °C، حجم تزریق ۱ میکرو لیتر، دمای ستون ابتدا به مدت ۵ دقیقه در ۱۶۰ °C ثابت بود و سپس طی ۵ دقیقه به ۱۸۰ °C رسیده، ۱۰ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی ۵ دقیقه دما به ۲۰۰ °C رسید و پس از یک دقیقه به دمای ۲۲۰ °C رسید و ۵ دقیقه نیز در این دما نگه‌داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. گاز حامل هیدروژن (۰/۵ میکرولیتر بر دقیقه)، مقدار تزریق ۱ میکرومتر و نرخ شکافت(Split ratio) ۱:۱۰ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) و با توجه به محاسبه زمان بازداری آنها (Retention Time) برحسب g/100g (گرم در صد گرم چربی) تعیین شدند.

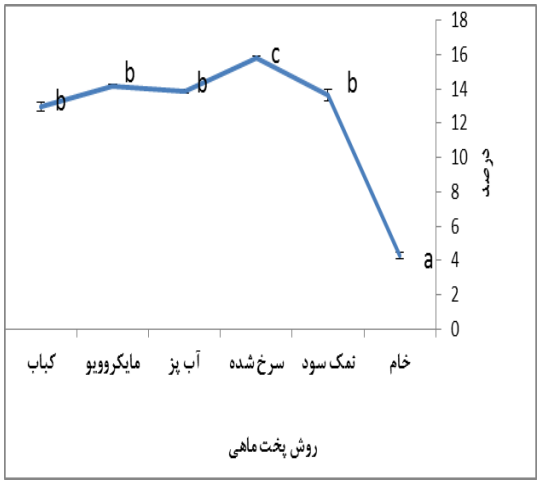
جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف– اسمیرنوف بررسی گردید. با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون ANOVA، ابتدا وجود اختلاف معنی‌دار در هر پارامتر مورد بررسی قرار گرفت و سپس با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح اطمینان ۹۵ درصد شناسایی شدند ($p<0.05$). نمودارها با استفاده از Excel 2007 ترسیم شدند.

نتایج

نتایج مربوط به تغییرات درصد چربی پس از نمک‌سود کردن و نیز در روش‌های مختلف پخت در شکل ۱ و تغییرات شاخص‌های اکسایشی چربی در ماهی خام، نمک-سود و پخته شده تحت روش‌های پخت مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

با نمک سود کردن رطوبت از بافت خارج شده و بر میزان مواد خشک افزوده شد. بیشترین تاثیر روی رطوبت بود که با چربی رابطه معکوس داشته و در بافت ماهی آمور، موجب افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی شده است ($p<0.05$). در شرایط پخت نیز فقط سرخ کردن موجب افزایش چربی شده است ($p<0.05$)؛ سایر روش‌های پخت تاثیر روی چربی ماهی نمک سود نداشت($p>0.05$).

با نمک سود کردن تمام شاخص‌های فساد اکسایشی چربی افزایش یافتند ($p<0.05$) و بیشترین اثر نمک‌سود کردن روی شاخص پراکساید (PV) دیده شد (جدول ۱).



شکل ۱: تغییرات چربی بافت ماهی خام آمور، بعد از نمک سود و پختن به روش‌های مختلف

حروف مختلف بیانگر اختلاف معنی دار آماری است ($p<0.05$).

Figure 1: Lipid changes from raw, salted and different method cooked of Grass-Carp fillet

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

جدول ۱: تاثیر روش‌های مختلف پخت روی شاخص‌های اکسیداسیون چربی فیله ماهی آمور

Table 1: Effect of different methods on Lipid Oxidation Indices of Grass-Carp fillet

شاخص کیفی	فیله ماهی تازه	فیله نمک سود	انواع فیله نمک سود حرارت دیده			
			سرخ شده	آب‌پز	مایکروویو	کباب
PV meqO2/kg	۱/۸۶ ±۰/۰۴^{a}	۳/۴۶±۰/۰۹^{b}	۴/۶۶±۰/۱۲^{c}	۳/۰۵±۰/۱۱^{b}	۳/۱۴±۰/۲۱^{b}	۳/۶۵±۰/۲۱^{bc}
TBA mgMA/kg	۰/۰۴۵ ±۰/۰۲^{a}	۰/۲۲۳ ±۰/۰۵^{b}	۰/۵۲۵±۰/۰۷^{c}	۱/۰۵۵ ±۰/۱۰ ^{d}	۱/۲۵۶ ±۰/۱۱^{d}	۱/۵۲۰ ±۰/۱۱^{d}
FFA % Ol.A	۱/۰۵±۰/۰۲^{a}	۱/۲۱±۰/۱۰^{b}	۱/۱۲±۰/۱۱^{bc}	۱/۰۱±۰/۰۶^{c}	۱/۹۹±۰/۱۱ ^{d}	۱/۲۴±۰/۱۱^{ab}

حروف مختلف کوچک درهر ردیف بیانگر اختلاف معنی دار آماری است ($p<0.05$).

همچنین نتایج مربوط به تغییرات پروفایل و ترکیب گروه‌های اسیدهای چرب بافت ماهی آمور در شرایط تازه، نمک سود و نیز پختن با روش‌های مختلف حرارتی در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

مطابق جدول ۲ و باتوجه به تغییر انفرادی اسیدهای چرب مشخص شده که تحت اثر فرآیند نمک سود کردن برخی اسیدهای چرب از انواع اشباع (مانند استئاریک، C18:0)، غیراشباع (مانند لینولئیک C18:2 و پالمیتولئیک C16:1) و حتی چند غیراشباع امگا-۳ (همانند ایکوزاپنتانوئیک C20:5 و آلفا-لینولنیک C18:3) شد ($p<0.05$). همچنین فرآیند پختن به روش‌های مختلف نیز تغییراتی در مقادیر اسیدهای چرب گردید.

مطابق جدول ۳ و در مطالعه تغییرات ترکیب و سری‌های اسیدهای چرب ماهی آمور مشخص شد که طی فرآیند نمکسود کردن اسیدهای چرب UFA، PUFA و مجموع امگا-۶ افزایش یافتند ($p<0.05$) اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت کاهش یافتند ($p<0.05$) و از دیگر سو طی فرآیندهای مختلف پخت، سرخ کردن موجب کاهش شدید اسیدهای چرب اشباع (SFA) برعکس افزایش قابل توجه اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) شد ($p<0.05$). سرخ کردن همچنین امگا-۶ را افزایش و امگا-۳ را کاهش داد و به شدت موجب افت شاخص غیراشباعیت شد ($p<0.05$). همچنین آب‌پز کردن موجب کاهش ترکیب PUFA و امگا-۳ فیله شور شد ($p<0.05$). فرآیند پخت با مایکروویو نیز موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص غیراشباعیت گردید ($p<0.05$) ولی روی سایر سری‌های اسیدچرب فیله آمور نمک سود تاثیری نداشت ($p>0.05$) در نهایت کباب کردن نیز صرفا موجب کاهش معنی‌دار مجموع اسیدهای چرب EPA+DHA و همچنین شاخص غیراشباعیت گردید ($p<0.05$).

جدول ۲: ترکیب پروفایل اسیدهای چرب فیله ماهی آمور تحت تاثیر روش‌های مختلف پخت (گرم درصد گرم)

Table 2: Fatty acids composition of grass-carp fillet affected by different cooking methods

اسید چرب		ماهی خام	ماهی نمک سود	انواع نمک سود پخته			
				سرخ شده	آب‌پز	مایکروویو	کباب
میریستیک	C14:0	۱/۹۲±۰/۰۴^{a}	۲/۰۹±۰/۰۷^{a}	۰/۶۸±۰/۰۵^{b}	۱/۷۹±۰/۰۱^{c}	۲/۱۱±۰/۰۵^{a}	۲/۲۱±۰/۰۲^{b}
پالمیتیک	C16:0	۲۳/۰۴±۱/۰۶^{a}	۲۵/۰۵±۱/۱۴^{a}	۱۹/۸۵±۰/۱۰^{b}	۲۵/۹۵±۰/۰۹^{a}	۲۵/۲۶±۰/۰۸^{a}	۲۶/۷۵±۰/۰۵^{a}
استئاریک	C18:0	۳/۳۱±۰/۱۰^{a}	۲/۶۵±۰/۱۴^{b}	۲/۴۰±۰/۱۱^{b}	۳/۳۱±۰/۰۵^{a}	۲/۸۶±۰/۰۳^{b}	۲/۷۰±۰/۰۶^{b}
پالمیتولئیک	C16:1ω-7	۰/۳۷±۰/۰۶^{a}	۱/۲۲±۰/۰۷^{b}	۰/۱۲±۰/۰۱^{c}	۱/۰۸±۰/۰۱^{b}	۱/۴۸±۰/۰۱^{d}	۱/۳۶±۰/۰۱^{b}
اولئیک	C18:1ω-9	۳۴/۹۰±۰/۶۵^{a}	۳۶/۰۲±۱/۲۳^{a}	۳۲/۹۹±۱/۰۶^{a}	۳۳/۳۰±۰/۸۵^{a}	۳۴/۲۵±۰/۰۰^{a}	۳۴/۴۴±۰/۰۶^{a}
لینولئیک	C18:2ω-6	۱۱/۲۶±۰/۴۲^{a}	۱۵/۰۵±۰/۲۵^{b}	۳۵/۶۸±۱/۰۵^{c}	۱۵/۹۳±۰/۱۱^{b}	۱۵/۱۹±۰/۲۱^{b}	۱۴/۶۵±۰/۱۵^{b}
آراشیدونیک	C20:4ω-6	۰/۹۸±۰/۱۱^{a}	۱/۱۳±۰/۱۲^{a}	۰/۴۵±۰/۰۲^{b}	۱/۴۴±۰/۰۵^{c}	۱/۱۷±۰/۰۱^{a}	۱/۲۶±۰/۰۲^{a}

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

ادامه جدول۲:

α-لینولنیک	C18:3ω-3	۰/۲۱±۰/۰۲^{a}	۱/۰۹±۰/۰۱^{b}	۱/۹۰±۰/۰۲^{bc}	۱/۳۴±۰/۰۱^{c}	۱/۳۰±۰/۰۳^{bc}	۱/۲۶±۰/۰۲^{bc}
دوکوزاهگزانوئیک*	C20:5ω-3	۰/۵۵±۰/۰۲^{a}	۰/۲۱±۰/۰۱^{b}	۰/۰۱±۰/۰۰^{c}	۰/۰۱±۰/۰۰^{c}	۰/۲۵±۰/۰۱^{b}	۰/۲۳±۰/۰۱^{b}
دوکوزاهگزانوئیک**	C22:6ω-3	۱/۰۶±۰/۱۲^{a}	۰/۸۵±۰/۰۶^{a}	۰/۰۱±۰/۰۰^{b}	۰/۰۹±۰/۰۱^{c}	۰/۰۱±۰/۰۰^{b}	۰/۲۶±۰/۰۲^{d}
مجموع اسیدهای چرب شناخته شده		۷۷/۶۰	۸۵/۳۶	۹۴/۰۹	۸۴/۲۴	۸۳/۸۸	۸۵/۱۲

*EPA و **DHA است؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد (p<۰/۰۵).

جدول ۳: ترکیب گروه‌های اسیدهای چرب فیله ماهی آمور تحت تاثیر روش‌های مختلف پخت (گرم درصد گرم)

Table 3: Fatty acids Series of Grass-Carp fillet affected by different cooking methods

اسید چرب	ماهی خام	ماهی نمک سود	انواع نمک سود پخته			
			سرخ شده	آب‌پز	مایکروویو	کباب
مجموع اشباع (SFA)	۲۸/۲۷±۱/۲۵^{a}	۲۹/۷۹±۱/۲۲^{a}	۲۲/۹۳±۰/۹۸^{b}	۳۱/۰۵±۱/۰۵^{a}	۳۰/۲۳±۱/۲۵^{a}	۳۱/۶۶±۰/۹۵^{a}
مجموع تک غیراشباع (MUFA)	۳۵/۲۷±۲/۲۱^{a}	۳۷/۲۴±۲/۳۰^{a}	۳۳/۱۱±۱/۲۲^{a}	۳۴/۳۸±۲/۰۵^{a}	۳۵/۷۳±۲/۱۰^{a}	۳۵/۸۰±۱/۸۵^{a}
مجموع غیراشباع (UFA)	۵۰/۳۲±۱/۸۸^{a}	۵۵/۵۷±۱/۷۱^{b}	۷۱/۱۶±۱/۵۶^{c}	۵۳/۱۹±۱/۰۵^{ab}	۵۳/۶۵±۱/۲۶^{ab}	۵۳/۴۶±۱/۶۳^{ab}
مجموع چند غیراشباع*(PUFA)	۲/۸۰±۰/۲۵^{a}	۳/۲۸±۰/۱۵^{b}	۲/۳۷±۰/۱۰^{a}	۲/۸۸±۰/۲۸^{a}	۲/۷۳±۰/۵۰^{a}	۳/۰۱±۰/۶۵^{ab}
نسبت چند غیراشباع به اشباع(PUFA/SFA)	۰/۱۰±۰/۰۲^{a}	۰/۱۱±۰/۰۴^{a}	۰/۱۰±۰/۰۵^{a}	۰/۰۹±۰/۰۲^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{a}	۰/۰۹±۰/۰۳^{a}
نسبت غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)	۱/۷۸±۰/۱۵^{a}	۱/۸۶±۰/۱۱^{a}	۳/۱۰±۰/۰۲^{b}	۱/۷۱±۰/۱۲^{a}	۱/۶۶±۰/۲۱^{a}	۱/۶۹±۰/۲۵^{a}
مجموع امگا-۳ (ω-3)	۱/۸۲±۰/۱۰^{a}	۲/۱۵±۰/۱۳^{a}	۱/۹۲±۰/۱۵^{a}	۱/۴۴±۰/۰۵^{b}	۱/۵۶±۰/۰۴^{ab}	۱/۷۵±۰/۱۰^{ab}
مجموع امگا-۶ (ω-6)	۱۲/۲۴±۰/۵۰^{a}	۱۶/۱۸±۰/۳۱^{b}	۳۶/۱۳±۰/۴۱^{c}	۱۷/۳۷±۰/۲۲^{b}	۱۶/۳۶±۰/۳۶^{b}	۱۵/۹۱±۰/۲۵^{b}
مجموعEPA+DHA	۱/۶۱±۰/۰۲^{a}	۱/۰۶±۰/۰۳^{b}	۰/۰۲±۰/۰۱^{c}	۰/۱۰±۰/۰۴^{b}	۰/۲۶±۰/۰۲^{d}	۰/۴۹±۰/۰۳^{e}
نسبت امگا-۳ به امگا-۶ (ω-3/ω-6)	۰/۱۵±۰/۰۲^{a}	۰/۱۳±۰/۰۳^{a}	۰/۰۵±۰/۰۲^{b}	۰/۰۸±۰/۰۴^{ab}	۰/۰۹±۰/۰۳^{ab}	۰/۱۱±۰/۰۵^{ab}
شاخص پلی ان: DHA+EPA/C16	۰/۰۷±۰/۰۱^{a}	۰/۰۴±۰/۰۱^{b}	۰/۰۰۱±۰/۰۰^{c}	۰/۰۰۴±۰/۰۰^{d}	۰/۰۱±۰/۰۰^{e}	۰/۰۲±۰/۰۰^{e}
مجموع شناسایی شده	۷۷/۶۰	۸۵/۳۶	۹۴/۰۹	۸۴/۲۴	۸۳/۸۸	۸۵/۱۲

* از ۳ پیوند دوگانه به بالا PUFA است. حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد (p<۰/۰۵).

بحث

با توجه به نتایج پژوهش مشخص شد که نمک سود کردن موجب افزایش محتوی چربی از ۴/۳۰ به ۱۳/۶۲ درصد در وزن تر شد (p<0.05). افزایش چربی در این فرآیند ناشی از جذب آب توسط نمک و جبران کاهش رطوبت است (هدایتی‌فرد، ۱۳۹۴، Moradi و همکاران، ۲۰۱۱ و Puwastien, و همکاران، ۱۹۹۹). در بین تیمارهای مختلف پخت، میزان چربی تنها در تیمار سرخ شده تا ۱۵/۸۰درصد افزایش یافت(p<0.05). این موضوع به تاثیر جذب روغن در فرآیند سرخ کردن مربوط می‌باشد. در حین سرخ کردن، به دلیل افزایش دما میزان جذب روغن نیز افزایش می‌یابد. نورزائی و همکاران (۱۳۹۴) اعلام نمودند که سرخ‌کردن در هر زمانی، باعث افزایش میزان چربی کل ماهی کپور نقره‌ای می‌گردد.

در پژوهش کنونی عملیات پخت به روش‌های آب‌پز، کباب کردن و مایکروویو تفاوتی در میزان چربی محصولات نهایی با نمونه فیله نمک سود آمور شده نشان نداد (p>0.05). ثابت شده‌است که در جریان سرخ‌کردن ماهی، رطوبت ماده غذایی تبخیر شده و سبب ایجاد منافذی در بافت آن گردیده و نهایتان موجب جذب فیزیکی روغن از محیط می‌گردد(Moradi *et al*., 2011; Puwastien, *et al*., 1999). گرچه کباب کردن تغییری در چربی "فیله نمک-سود آمور" به وجود نیاورد ولی همین فرآیند موجب افزایش چربی در فیله تاسماهی ایرانی و بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای آن گردید (جنت‌علیپور و همکاران، ۱۳۹۰). این درحالی است که قیومی‌جونیانی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که به جز سرخ‌کردن، در تمام روش‌های دیگر پخت (مایکروویو، فر، کباب و آب‌پز) که با دمای

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

بالاتر و با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد، میزان چربی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد؛ آنها همچنین دریافتند با سرخ شدن فیله‌ها در روغن، درصد چربی کل افزایش می‌یابد و این بدلیل نفوذ روغن به درون فیله-هاست. اما پیرامون سرخ‌کردن همانند نتایج پژوهش کنونی، در سایر تحقیقات نیز افزایش چربی را در ماهیان قزل‌آلا (Choubert & Baccaunaud, 2009)، کپور نقره‌ای (Naseri *et al.*, 2013)، و کیلکا نانی‌شده (Khanipour *et al.*, 2014) و تیلاپیا (قیومی جونیانی و همکاران، ۱۳۹۰) تحت فرآیند سرخ‌کردن، گزارش نمودند. چراکه این فرآیند همراه با روغن انجام شده و موجب نفوذ آن به درون بافت ماهی می‌شود. اظهار شده که بیشترین تغییرات‌رخ‌داده، حتی در فیله ماهیان پوشش‌دار و نانی-شده نیز در حین سرخ کردن رخ می‌دهد (Khanipour *et al.*, 2014). خروج رطوبت طی نمک‌سود کردن فیله ماهی آمور نیز از دیگر دلایل افزایش مقدار چربی است بطوریکه در پژوهش کنونی موجب افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی شده است ($p<0.05$).

در پژوهش حاضر نیز همانگونه که اشاره شد سایر روش‌های پخت تاثیری روی چربی ماهی نمک سود نداشت (شکل ۱).

حرارت‌دهی گوشت ماهی بر روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تاثیر گذار می‌باشد. در خلال حرارت-دادن، چربی‌ها تحت تاثیر اکسیداسیون حرارتی قرار می گیرند که سریع‌تر از اکسیداسیون در نمونه‌های خام می-باشد (Hedayatifard, 2003).

جهت تعیین هیدروپراکسایدها به‌عنوان محصول اولیه اکسیداسیون چربی در ماهیان از شاخص پراکساید (PV) استفاده می‌شود (Olafsdottir, *et al.*, 1997). هیدروپراکسیدهای تولید شده در جریان اکسیداسیون چربی، اساسا موادی ناپایدار بوده و فاقد مزه و بو می‌باشند که تحت تاثیر عواملی چون حرارت بزودی تجزیه می‌شوند. مواد حاصل از این تجزیه خود دستخوش تغییراتی می‌گردند که در نتیجه، ترکیباتی با بو و مزه خاص در ماده غذایی ایجاد می‌نمایند. هیدروپراکسیدها پس از شکست تشکیل محصولاتی شامل آلدهیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، هیدروکربن‌ها، استرها، فوران‌ها و لاکتون‌ها را می‌دهند (Stansby, 1990).

عوامل درجه حرارت، رطوبت، نور و اکسیژن در تغییرات اکسیداسیون موثر هستند و در بین این عوامل، درجه حرارت (Olafsdottir *et al.*, 1997) در کنار حضور اکسیژن در محیط (Hedayatifard, 2003) نقش بسیار مهمی را در تغییرات اکسیداسیون ایفا می‌نماید. حرارت باعث تسریع اکسیداسیون و تجزیه هیدروپراکسیدها شده و به دنبال اکسیداسیون را تشدید می‌کند (Erickson, 1997; Morrissey & Kerry, 2004).

در پژوهش کنونی، نمونه تازه و تازه نمک‌سود شده فیله ماهی آمور به دلیل نگهداری در دمای محیط دارای کمترین مقدار PV بود و نمونه سرخ‌شده با ۴/۶۶ $meqO_2/Kg$ به دلیل افزایش درجه حرارت و همچنین حضور روغن اضافه شده به فیله، دارای اندیس PV بالاتری بود (جدول ۱). در واقع در روش سرخ‌کردن، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد بیشتر بوده و می‌توانند با سرعت بیشتری به اسیدهای چرب تهاجم نموده و موجب تولید هیدروپراکسید گردند (Özogul *et al.*, 2005). ثابت شده که اکسیداسیون چربی در مقدار رطوبت کم روی می‌دهد در واقع چنانچه ماده غذایی تحت تاثیر درجه حرارت، رطوبت خود را از دست دهد، چربی‌ها بیشتر در معرض اکسید شدن قرار می‌گیرند (Morrissey & Kerry, 2004). نتایج مشابهی در مورد ماهی شیر (زکی-پور رحیم‌آبادی و بکر، ۱۳۹۰) گزارش شد. Sion و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که سرخ‌کردن موجب افزایش واکنش‌هاس اکسایشی و نیز هیدرولیز می‌گردد.

اکسیداسیون چربی در ماهیان، به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسید چرب غیراشباع پس از مرگ دارای اهمیت فراوان می‌باشد و از عوامل اساسی نامطلوب شدن طعم و مزه در آنها محسوب می شود (Guillén *et al.*, 2004). شاخص تیوباربیتوریک اسید یا TBA به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در ماهیان استفاده می‌شود (Nishimoto *et al.*, 1985) که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد (Gomes *et al.*, 2003). روند افزایش این

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

شاخص‌ها در طول مدت نگهداری به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدانت‌ها در ماهیچه است (هدایتی‌فرد، ۱۳۹۴ و ۲۰۰۳).

در مطالعه کنونی مقادیر TBA به عنوان تولیدات ثانویه اکسیداسیون چربی در ماهی سرخ شده ۰/۵۲۵ mgMD/kg و درواقع بیشتر از سایر روش‌های پخت بود و کمترین مقادیر تیوباربیوتیک اسید ۰/۰۴۵ mgMD/kg در بافت تازه و پس از آن با ۰/۲۲۳ mgMD/kg در بافت تازه نمک‌سود شده ماهی آمور مشاهده شد (جدول ۱). با فرآیند نمک‌سود کردن گرچه میزان TBA افزایش یافت ($p<0.05$) لیکن در محدوده تازه باقی ماند. اما روش‌های پخت موجب تغییرات بیشتری در این شاخص گردید ($p<0.05$). هیدروپراکسیدهای تولید شده در جریان اکسیداسیون، اساساً موادی ناپایدار و فاقد مزه و بو هستند که تحت تاثیر عواملی چون حرارت به زودی تجزیه می شوند. مواد حاصل از این تجزیه خود دستخوش تغییراتی می‌گردد که در نتیجه ترکیباتی با مزه و بوی خاص در ماده غذایی ایجاد می‌نمایند و مهمترین این ترکیبات شامل آلدئید، کتون‌ها و الکل می‌باشد(Hedayatifard, 2003). بهترین محدوده مصرف TBA در چربی ماهی خام، ۱ تا ۲ mgMD/kg گزارش شد (Lakshmanan, 2000) و در همین حال برخی منابع محدوده مناسب TBA در ماهیان عمل‌آوری‌شده را برای مصارف انسانی ۲ تا ۳ معرفی نموده و سقف ۵ $meqO_2/kg$ را فاسد و غیرقابل مصرف شناختند (Hedayatifard, 2003). در مطالعه حاضر ماهی آمور تهیه شده با تمام روش های مختلف پخت در محدوده مجاز مصرف قرار داشت. زکی‌پور رحیم‌آبادی و بکر (۱۳۹۰) بالاترین مقادیر TBA در ماهی پخته شده را در مایکروویو (با ۱/۵۸۰ mgMD/kg) گزارش کردند. افزایش شاخص TBA در اثر سرخ کردن می‌تواند ناشی از اعمال حرارت همراه با نفوذ روغن باشد (Sion *et al*., 2006) در حالیکه روش‌های آب‌پز کردن، پختن با مایکروویو و کباب‌کردن، تغییری در شاخص-های PV و TBA به وجود نیاورد. نتایج مشابهی توسط Hoffman *et al*. (1994) و García-Arias *et al*. (2003) بدست آمد.

همچنین اسیدهای چرب آزاد (FFA) در "فیله خام ماهی آمور" تحت تاثیر نمک‌سود کردن ۰/۱۶ درصد افزایش یافت ($p<0.05$) که تغییر موثری نبود، لیکن همین شاخص در "فیله نمک‌سود آمور" در اثر آب‌پز کردن ۰/۲ درصد کاهش ولی تحت فرآیند مایکروویو ۰/۷۸ افزایش نشان داد و به ۱/۹۹ درصد رسید ($p<0.05$). در حالیکه سایر روش‌های پخت اثری روی FFA نداشتند. اظهار شده است که پختن به روش پرتودهی با مایکروویو موجب افزایش FFA گردید (زکی‌پور رحیم‌آبادی و بکر، ۱۳۹۰). آب‌پز کردن یک روش پخت مرطوب است و موجب کاهش این شاخص شد در حالیکه برعکس، مایکروویو روشی توأم با کاهش رطوبت است و موجب افزایش FFA شد. از دست رفتن اسیدهای چرب آزاد فرار در خلال حرارت‌دهی در درجات حرارت بالا و همچنین غیرفعال شدن آنزیم‌ها می‌تواند دلیل کاهش FFA باشد (Al-Saghir *et al*., 2004). در عوض شکستن مولکول‌های سنگین نظیر فسفولیپیدها و تری‌گلیسیریدها، عامل ایجاد FFA جدید و افزایش مقادیر آن معرفی گردیده است(Al-Saghir *et al*., 2004; Chantachum *et al*., 2000).

در اثر فرآیند نمک‌سود کردن برخی اسیدهای چرب اشباع (مانند استئاریک، C18:0)، غیراشباع (مانند لینولئیک C18:2 و پالمیتولئیک C16:1) و حتی چند غیراشباع امگا-۳ (همانند ایکوزاپنتانوئیک C20:5 و آلفا-لینولنیک C18:3) دستخوش تغییر شدند، بطوریکه هم کاهش و هم افزایش مختصر اما معنی‌دار در آن‌ها دیده شد ($p<0.05$). اثر کاهندگی نمک روی رطوبت عامل اصلی تغییرات مذکور است (معینی و همکاران، ۱۳۹۱). اما پس از پختن با روش‌های مختلف، تغییرات جهت‌دار بودند، بطوریکه طی سرخ کردن اسیدهای چرب اشباع (SFA) همگی کاهش یافتند ($p<0.05$) ولی اسید چرب غیراشباعی مانند لینولئیک (C18:2) بیش از ۲ برابر افزایش نشان داد ($p<0.05$) و برعکس اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) کاهش یافتند ($p<0.05$). این امر می‌تواند ناشی از نفوذ روغن گیاهی مصرفی در فرآیند سرخ کردن به درون بافت ماهی نمک‌سود باشد. اسید چرب آراشیدونیک (C20:4) از گروه امگا-۶، بعد از آب‌پز کردن ماهیان نمک سوده شده، افزایش یافت ($p<0.05$)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

اما EPA و DHA که هر دو از گروه بلند زنجیره‌ی امگا-۳ بودند، کاهش قابل توجهی نشان دادند ($p<0.05$)، که البته این مورد هم به نفوذ و تاثیر آب روی بافت نمک سود بازمی‌گردد (Hedayatifard & Yousefian, 2010).

فرآیند پرتودهی مایکروویو هیچگونه اثری روی پروفایل اسیدهای چرب ماهی نمک سود آمور نداشت ($p>0.05$) اما پختن به روش کباب کردن توانست صرفا اسید چرب غیراشباع میریستیک (C14:0) را از ۱/۹۲ به ۲/۲۱ درصد در بافت نمک سود شده ماهی آمور درصد افزایش دهد ($p>0.05$).

نتایج نشان داد طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب UFA، PUFA و مجموع امگا-۶ (ω-6) افزایش یافتند ($p<0.05$) اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت کاهش یافتند ($p<0.05$) که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود (معینی و همکاران، ۱۳۹۱). از دیگر سو طی فرآیندهای مختلف پخت، صرفا سرخ کردن موجب کاهش شدید اسیدهای چرب اشباع (SFA) و برعکس افزایش قابل توجه اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) شد ($p<0.05$) که می‌تواند ناشی از نفوذ نوع روغن مایع مصرفی باشد. این درحالی‌است که برخی تحقیقات افزایش UFA را بعد از سرخ‌کردن گزارش نمودند (Gladyshev و همکاران، ۲۰۰۶؛ Turkkan و همکاران، ۲۰۰۸؛ García-Arias و همکاران، ۲۰۰۳؛ Sion و همکاران، ۲۰۰۶). برخلاف نظر محققان فوق، نسبت PUFA/SFA در بافت نمک‌سود آمور بعد از سرخ‌کردن و البته تمام روش‌های پخت دیگر نیز بدون تغییر ماند. این تفاوت نظر می‌تواند ناشی از نوع روغن مورد استفاده در سرخ‌کردن باشد و البته بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن دارد. سرخ کردن همچنین امگا-۶ (ω-6) "فیله نمک‌سود آمور" را افزایش و امگا-۳ (ω-3) آن را کاهش داد که در تحقیقات زکی‌پور رحیم‌آبادی و همکاران (۱۳۹۰)؛ Turkkan و همکاران (۲۰۰۸) و Sion و همکاران (۲۰۰۶) نیز به آن اشاره شد. سرخ‌کردن همچنین به شدت موجب افت شاخص غیراشباعیت PI شد ($p<0.05$). دلیل این افت شدت فرآیند حرارتی می‌باشد. بهرحال در هر شرایط پخت به دلیل اعمال فرآیند حرارتی، شاخص غیراشباعیت (PI) یا شاخص پلی‌ئن کاهش می‌یابد.

آب‌پز کردن موجب کاهش ترکیب PUFA و امگا-۳ فیله شور شد ($p<0.05$). همچنین فرآیند پخت با مایکروویو موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص غیراشباعیت گردید ($p<0.05$) ولی روی سایر ترکیبات مهم فیله آمور نمک سود تاثیری نداشت و در نهایت کباب کردن نیز بدون تاثیر روی اسیدهای چرب UFA، PUFA، امگا-۳ و حتی امگا-۶، صرفا موجب کاهش معنی‌دار مجموع اسیدهای چرب EPA+DHA و همچنین شاخص غیراشباعیت گردید ($p<0.05$). چنین نتیجه‌ای توسط Gladyshev و همکاران (۲۰۰۶) نیز عنوان شده بود اما در همان حال اظهار داشتند که دو روش آب‌پز کردن و سرخ‌کردن موجب افزایش EPA و DHA می‌گردد.

از آنجائیکه اکثریت اسیدهای چرب چندغیراشباع در گوشت ماهی از نوع اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ هستند (Hedayatifard & Jamali, 2008; Stansby, 1990; Gladyshev *et al.*, 2006) در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز آن‌ها می‌تواند در کیفیت غذا موثر باشد (Ingemansson *et al.*, 1993).

نسبت اسیدهای چرب ω-6/ω-3 در "فیله نمک‌سود آمور" بعد از انواع روش‌های پخت کاهش عددی یافت، لیکن این کاهش صرفا بعد از فرآیند سرخ‌کردن معنی‌دار بود ($p<0.05$). این نتیجه در سایر تحقیقات نیز دیده شد (زکی‌پور رحیم‌آبادی و بکر، ۱۳۹۰؛ نورزائی و همکاران، ۱۳۹۴، Gladyshev *et al.*, 2006).

در مطالعه حاضر هم نمک‌سود کردن (با جذب رطوبت) و هم سرخ‌کردن (با نفوذ روغن) موجب افزایش میزان محتوی چربی ماهی شد. همچنین تمامی روش‌های پخت موجب افزایش شاخص‌های اکسایشی چربی شدند اما در این میان سرخ کردن موجب بالاترین افزایش PV و کمترین افزایش TBA گردید و پختن با مایکروویو بالاترین FFA را تولید نمود. با این حال هیچ‌یک از روش‌های معمول پخت ماهی، موجب فساد کیفی شاخص‌های چربی نشدند. همچنین طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)، چند غیراشباع

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

(PUFA) و مجموع امگا-۶ (ω-6) افزایش یافتند اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت PI کاهش یافتند، که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود. از طرف دیگر دربین روش-های مختلف پخت، سرخ‌کردن موجب کاهش شدید اسیدهای چرب اشباع (SFA) و برعکس افزایش قابل توجه UFA شد که ناشی از نفوذ نوع روغن مایع مصرفی به درون بافت ماهی باشد. سرخ کردن همچنین ω-6 را افزایش ولی ω-3 را کاهش داد. تمام روش‌های پخت به دلیل فرآیند حرارتی به شدت موجب افت شاخص PI گردیدند. آب‌پز کردن موجب کاهش PUFA و امگا-۳ فیله نمک‌سود شد. همچنین فرآیند پخت با مایکروویو موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص PI گردید، ولی روی سایر ترکیبات مهم "فیله نمک‌سود آمور" تاثیری نداشت و در نهایت کباب کردن نیز بدون تاثیر روی اسیدهای چرب UFA، PUFA، ω-3 و حتی ω-6، صرفا موجب کاهش معنی‌دار مجموع اسیدهای چرب EPA+DHA گردید. روش‌های پخت فوق شاخص-های فساد اکسایشی ماهیان نمک‌سود را در محدوده مجاز مصرف نگاه می‌دارند.

منابع

جنت‌علیپور، ح.، شعبانپور، ب.، صادقی‌ماهونک، ع. و شعبانی، ع.، ۱۳۹۰. بررسی ارزش تغذیه ای فیله های خام و کباب شده تاس‌ماهی ایرانی، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸۵-۹۴ :(۳)۶.

زکی‌پور رحیم‌آبادی، ا. و بکر، ج.، ۱۳۹۰. تاثیر چهار شیوه طبخ (مایکروویو، کباب کردن، بخارپز و سرخ کردن) روی اکسیداسیون چربی و ترکیب اسیدهای چرب در ماهی شیر، مجله علوم و صنایع غذایی، ۵۳-۶۱ :(۳۲)۸.

قیومی‌جونیانی، ا.، خوشخو، ژ.، مطلبی، ع. و مرادی، ی.، ۱۳۹۰. تاثیر روش‌های مختلف پخت بر ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*)، مجله علمی شیلات ایران، ۲۰(۲): ۹۷-۱۰۸. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109995

معینی، س، رفیعی طاری، م.، قزوینی، پ. و جلیلی، س.، ۱۳۹۱. بررسی تغییرات اسیدهای چرب ماهی کپور نقره‌ای نمک‌سودشده و تعیین زمان ماندگاری آن در شرایط محیطی، نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران سابق)، ۶۵(۴): ۴۲۹-۴۳۸. DOI: 10.22059/jfisheries.2013.30546

معینی، س. و فرزانفر، ع.، ۱۳۸۴. بررسی امکان تولید فیش برگر از کوسه‌ماهی خلیج‌فارس، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۵): ۱۱۴۳-۱۱۵۱.

نورزائی، خ.، زکی‌پور رحیم‌آبادی، ا. و علیزاده دوغیکلایی، ا.، ۱۳۹۴. بررسی ترکیب شیمیایی و محتوای اسیدهای چرب فیله کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) پس از سرخ-کردن سریع، نگهداری به‌صورت منجمد و سرخ‌کردن نهایی، علوم و فنون شیلات، ۴(۴): ۱۲۱-۱۳۳.

هدایتی‌فرد، م.، ۱۳۹۴. تغییرات شاخص‌های حسی، شیمیایی، بارمیکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) تحت فرآیند خشک کردن حرارتی و نگهداری تحت خلاء در ۴ °C، مجله علمی شیلات ایران، ۲۴(۴): ۱۲۷-۱۴۳. DOI: 10.22092/isfj.2017.110213

هدایتی‌فرد، م. و پورمولایی، ن.، ۱۳۹۵. مطالعه شاخصهای کیفیت، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان دودی سفید و کفال طلایی بازارهای شمال ایران، مجله علوم و صنایع غذایی، ۱۳ (۵۷): ۱۴۵-۱۵۸.

Ackman, R.G., McLeod, C., Misra, K.K. and Rakshit, S., 2002. Lipids and fatty acids of five freshwater food fish of India, Journal of Food Lipid, 9(2): 127–145. DOI: 10.1111/j.1745-4522.2002.tb00214.x

Afkhami, M., Mokhlesi, A., Darvish Bastami, K., Khoshnood, Kh., Eshaghi, N. and Ehsanpour, M., 2011. Survey of some chemical compositions and fatty acids in cultured common carp (*Cyprinus*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

carpio) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), Noshahr, Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences 3(6): 533-538. DOI: 10.13140/2.1.4317.2640

Al-Saghir, S., Thurner, K., Wagner, KH., Frisch, G., Luf, W., Razzazi-Fazeli, E. and Elmadfa, I., 2004. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 11; 52(16): 5290-6. DOI:10.1021/jf0495946

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

Asghari, L., Zeynali, F. and Sahari, M.A., 2013. Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: changes in fatty acids, total protein, and minerals, Journal of Applied Ichthyology, 29(4): 847–853**.** DOI:10.1111/jai.12212

Boudhrioua, N., Djendoubi, N., Bellagha, S. and Kechaou, N., 2009. Study of moisture and salt transfers during salting of sardine fillets, Journal of Food Engineering, 94: 83–89.
DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.03.005.

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

Cahu, C., Salen, E. and Lorgeril, M.D., 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values; Nutrition Metabolism Cardiovascular Disease, 14: 34-41.
DOI: 10.1016/S0939-4753(04)80045-0

Castro-González, I., Maafs-Rodríguez, A.G. and Pérez-Gil Romo, F., 2015. Effect of six different cooking techniques in the nutritional composition of two fish species previously selected as optimal for renal patient's diet, Journal of Food Science and Technology, 52(7): 4196–4205. DOI: 10.1007/s13197-014-1474-8

Chantachum, S., Benjakul, S. and Sriwirat, N., 2000. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. Food Chemistry, 69: 289-294. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00266-6

Choubert, G. and Baccaunaud, M., 2009. Effect of moist or dry heat cooking procedures on carotenoid retention and colour of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin, Food Chemistry, pp: 265-269.
DOI:10.1016/j.foodchem.2009.06.023.

Connell, J.J., 2002. Quality control in fish industry. Torry Advisory Note, No. 58. [ISBN-13: 978-0852382264]

.Delgado, C., Rosegrant, M., Wada, N., Meijer, S. and Ahmad, M., 2002. Fish as Food: Projections to 2020 under different

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

Scenarios. Markets and Structural Studies Division, International Food Policy Research Institute. Washington, D.C, USA. 29 p.

Doe, P.E., 1998. Fish drying and smoking: production and quality. New York, NY: Taylor & Francis, 270 p. [ISBN 9781566766685]

Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G. and Plust D., 2011. Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*), Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 10(3): 359-373.

Erickson, M.C., 1997. Lipid oxidation: Flavor and nutritional quality deterioration in frozen foods; Antioxidants and their application to frozen foods. pp: 141-163, pp: 233-257, In: Erickson, M.C. and Hung, Y.C. Quality in frozen food, Chapman & Hall. DOI:10.1007/978-1-4615-5975-7

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

Fuentes, A., Fernandez-Segovia, I., Serra, J.A. and Barat, J.M., 2007. Influence of the presence of skin on the salting kinetics of European Sea Bass. Food Science and Technology International, 13(3): 199–205. DOI:10.1177/1082013207079611

García –Arias, MT., Alvarez-Pontes, E., García-Linares, MC., García-Fernandez, MC. and Sanchez-Muniz, FJ., 2003. Grilling of sardines fillets: Effects of frozen and thawed modality on their protein quality. LWT- Food Science and Technology, 36: 763–9. DOI: 10.1016/S0023-6438(03)00097-5

Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Gubanenko, G.A., Demirchieva, S.M. and Kalachova, G.S., 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). Food Chemistry, 96(3): 446-451. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.034

Gokoglu, N., Yerlikaya, P. and Cengiz, E., 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Food Chemistry, 84: 19-22. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00161-4

Gomes, H.A., Silva, E.N.M., Nascimento, R.L. and Fukuma, H.T., 2003. Evaluation of the 2- thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. Food Chemistry. 80: 433-437.DOI 10.1016/S0308-8146(02)00499-5

Guillén M.D., Ruiz A. and Cabo, N., 2004. Study of the oxidative stability of salted and unsalted salmon fillets by H nuclear magnetic resonance. Food Chemistry, 86: 297–304.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.09.028

Hedayatifard, M., 2003. Fish and Shrimp Processing Technology, Persia Fisheries Industries Co, PFICO, Tehran, 120 p. [goo.gl/oV07SW]

Hedayatifard, M., 2009. Comparative Study of Fatty Acid Composition of Golden

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

Mullet Fillet and Roe Oils (*Liza aurata* Risso, 1810), Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 4(4): 209-213. DOI: 10.3923/ajava.2009.209.213

Hedayatifard, M. and Jamali, Z., 2008. Evaluation of omega-3 fatty acid composition in Caspian Sea pike perch (*Sander lucioperca* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 10: 235-237. DOI:07–223/AWB/2008/10–2–235–237

Hedayatifard, M. and Moeini, S., 2007. Loss of Omega-3 fatty acids of Sturgeon *Acipenser stellatus* During cold storage. International Journal of Agriculture and Biology, 9: 598–601. DOI:1560–8530/2007/09–4–598–601

Hedayatifard, M. and Yousefian, M., 2010. The fatty acid composition of golden mullet fillet (*Liza aurata*) as affected by dry-salting. Journal of Fisheries and Aquatic Science 3: 208-215. DOI: 10.3923/jfas.2010.208.215

Hoffman, L.C., Prinsloo, J.F., Casey, N.H. and Theron, J., 1994. Effects of five cooking methods on the proximate, fatty acid and mineral composition of fillets of the African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*. Die SA Tydskrif vir Voedselwetenskap en Voeding, 6(4): 146-152.

Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Khosroshahi, N.K. and Babakhani, A., 2014. Effect of different cooking methods on minerals, vitamins and nutritional quality indices of kutum roach (*Rutilus frisii kutum*). Food chemistry, 148: 86-91. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.10.012

Ingemansson, T., Pettersson, A. and Kaufmann, P., 1993. Lipid hydrolysis and oxidation related to astaxanthin content in light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Food Science, 58(3): 513-517. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb04313.x

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.

Khanipour, A.A., Jorjani, S. and Soltani, M., 2014, Chemical, sensory and microbial quality changes of breaded kilka (*Clupeonella cultriventris*) with tempura batter in production stage and during frozen storage, International Food Research Journal 21(6): 2421-2430. [ifrj.upm.edu.my/volume-21-2014.html]

Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1991. Pearson's chemical analysis of foods. (9th Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK. [ISBN-13:9780582409101]

Kocatepe, D., Turan, H., Taşkaya, G., Kaya, Y., Erden, R. and Erdoğdu, F., 2011. Effect of cooking mehods on the proximate composition of Black Sea Anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758), GIDA/The Journal of Food, 36(2): 71-75. [cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113157789]

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

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

Lakshmanan, P.T., 2000. Fish spoilage and quality assessment. In T.S.G. Iyer, M.K. Kandoran, Mary Thomas, & P.T. Mathew (Eds.), Quality assurance in seafood processing (pp: 26–40). Cochin: Society Fisher Techno (India). [210.212.228.207/handle/123456789/976]

Marimuthu, K., Thilaga, K., Kathiresan, S., Xavier, R. and Mas, R.H.M.H., 2011. Effect of different cooking methods on proximate and mineral composition of striped snakehead fish (*Channa striatus*, Bloch), Journal of Food Sciences Technology, 49(3): 373–377. DOI:10.1007/s13197-011-0418-9

Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, AA., Syed Muhamad, S.H. and Che Man, Y., 2011. A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. Journal of Aquatic Food Product Technology, 20: 379–390**.** DOI: 10.1080/10498850.2011.576449

Moreira, R.G., Sun, X.Z. and Chen, Y.H., 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep fat frying. Journal of Food Engineering, 31: 480-498. DOI: 10.1016/S0260-8774(96)00088-X

Morrissey, P.A. and Kerry, J.P., 2004. Lipid oxidation and shelf-life of muscle foods, pp: 357-381, In: Steele. R. (eds.), Understanding and measuring the shelf life of food. Wood head publishing in food & Technology. CRC Press. Boca Raton, Boston New York, Washington .D. USA [ISBN**:** 9781855737327]

Naseri, M., Abedi, E., Mohammadzadeh, B. and Afsharnaderi, A., 2013, Effect of frying in different culinary fats on the fatty acid composition of silver carp, Food Science and Nutrition, 1(4): 292-297. DOI: 10.1002/fsn3.40

Nishimoto, J., Suwetja, I.K. and Miki, H., 1985. Estimation of keeping freshness period and practical storage life of mackerel muscle during storage at low temperatures. Memoirs of the Faculty of Fisheries kagoshima university. 34(1): 89-69. [FAO recorded=JP8702987]

Nordøy, A., Marchioli, R. and Arnesen, H., 2001. N-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. Lipids 36: 127-129. [ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11837986]

Olafsdottir, G., Luten, J., Dalgaard, P., Careche, M., Verrez-Bagnis, V., Martinsdóttir, E. and Heia, K., 1997. Methods to determine the freshness of fish in research and industry.Proceedings of the Final Meeting of the Concerted Action "Evaluation of Fish Freshness" AIR3CT94 2283, Nantes Conference, November 12–14, 1997. Paris: Inter-national Institute of Refrigeration. pp: 287–296. [goo.gl/0vbzKt]

Özogul, Y., Özyurt, G., Özogul, F., Kuley, E. and Polat, A., 2005. Freshness assessment of European eel (*Anguilla*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

anguilla) by sensory, chemical and microbiological methods; Food Chemistry, 92:745-751.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.08.035

Şengör, G.F.U., Alakavuk, D.U. and Tosun, Y., 2013. Effect of cooking methods on proximate composition, fatty acid composition, and cholesterol content of Atlantic Salmon (*Salmo salar*), Journal of Aquatic Food Product Technology, 22(2): 160-167.
DOI: 10.1080/10498850.2011.635839

Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S., Ehara, H. and Wada, S., 2002. Dietary and seasonal effects on the dorsal meat lipid composition of Japanese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus* and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*), Comparative Biochemistry and Physiology Part A, 132: 609–619.
DOI: 10.1016/S1095-6433(02)00081-8

Sion, L., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., Henauw, S.D., Smet, S.D. and Camp, J.V., 2006. Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. Food Chemistry. 98: 609-617.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.06.026

Puwastien, P., Judprasong, K., Kettwan, E., Vasanachitt, K., Nakngamanong, Y. and Bhattacharjee, L., 1999. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. Journal of Food Composition and Analysis, 12: 9-16.
DOI: 10.1006/jfca.1998.0800

Sobukola, O.P. and Olatunde, S.O., 2011. Effect of salting techniques on salt uptake and drying kinetics of African catfish (*Clarias gariepinus*). Food and Bio-products Processing. 89: 170–177.
DOI: 10.1016/j.fbp.2010.06.002

Stansby, M.E., 1990. Fish oils in nutrition. (1st Ed). AVI. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 313 p. [ISBN: 978-0-442-23748-6]

Tidwell, J.H. and Allan, G.L., 2001. Fish as food: aquaculture's contribution, ecological and economic impacts and contributions of the farming and capture fisheries. European Molecular Biology Organization, 2(11): 958-963. DOI: 10.1093/embo-reports/kve236

Torrejon, C., Jung, U.J. and Deckelbaum, R.J., 2007. N-3 fatty acids and cardiovascular disease: Actions and molecular mechanisms. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 77: 319-26.
DOI: 10.1016/j.plefa.2007.10.014

Turkkan, A.U., Cakli, S. and Kilinc, B., 2008. Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus 1758). Food and Bio-products processing, 86: 163-166.
DOI: 10.1016/j.fbp.2007.10.004

Vaccaro, A.M., Buffa, G., Messina, C.M., Santulli, A. and Mazzola, A., 2005. Fatty acid composition of a cultured sturgeon hybrid (*Acipenser naccarii*×*A., baerii*). Food Chemistery. 93: 627-631.
DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.042

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

Changes of lipid oxidation indices and fatty acids composition of salted fillet of grass-carp *Ctenopharyngodon idella* affected by methods of cooking

Hedayatifard M.[1]*; Miri S.M. [2]

*hedayati.m@qaemiau.ac.ir

1-Fisheries Department, College of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, PO Box: 163, Qaemshahr, Iran.

2-Qaemshahr branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.13.6]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113923]

Abstract

Lipid content and poly-unsaturated fatty acids changes of salted Grass-Carp fillet were evaluated as affected by methods of cooking. For this purpose, raw, dry-salted (by 24% salt) and cooked fillets (fried, boiled, microwaved and grilled) were evaluated, qualitatively. The results showed that salting and frying both increased the lipid content ($p<0.05$). All of cooking methods increased oxidative indices, but frying increased PV (by 4.66 meqO2/kg) and had a lower decreasing on TBA (by 0.525 mgMDA/Kg) and cooking by microwave had higher increasing on FFA (by 1.99 %). In addition, during salting process UFA, PUFA and ω-6 fatty acids were increased but total high chains of EPA+DHA and Polyen Index (PI) were decreased ($p<0.05$) that showed the salting effect on them, while had no effect on ω-3 ($p>0.05$). On the other hand, frying, among of cooking methods, decreased SFA, (29.79 to 22.93%), highly and instead UFA (55.57 to 71.16%), considerably that indicate diffusion of oil into the fish tissues. Frying also increased ω-6 (16.18 to 36.13%) amount ($p<0.05$) but has no effect on ω-3. All of the cooking methods decreased PI because of the thermal process ($p<0.05$). Boiling method just down to reduce of salted fillets ω-3 (2.15 to 1.44%). Also, cooking by microwave can decrease PUFA and PI, but has no effect on the other importance salted Grass-Carp fillet and finally the grilling had none effect on UFA, PUFA, ω-3 and even ω-3 fatty acids, and only decreased total EPA+DHA (from 1.06 to 0.49%) ($p<0.05$). However, none of the usual fish cooking methods didn't lead to lipid qualitative spoilage.

Keywords: Cooking, Fatty acids, Grass-carp, Salted fish

*Corresponding author