(مقاله پژوهشی)

ارزیابی مقایسه‌ای ترکیبات چربی و اسیدهای چرب فیله ماهی کپور علفخوار Ctenopharyngodon idella در شرایط خام، نمک‌سود و حرارت دیده توسط مایکروویو

سید محمد میری[۱] و مسعود هدایتی‌فرد[۲*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده تحصیلات تکمیلی، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

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

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش:۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

فیله‌های ماهی کپور علفخوار خام، نمک‌سود و پخته‌شده توسط مایکروویو مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمک سود کردن موجب افزایش میزان چربی شد ($P<0.05$). همچنین روش پخت با مایکروویو موجب افزایش برخی شاخص‌های اکسایشی چربی شد، بطوریکه تیوباربیتوریک اسید TBA (از ۰/۲۲۳ به ۱/۲۵۶ mgMDA/Kg) و اسیدهای چرب آزاد FFA (از ۱/۲۱ به ۹۹/ ۱٪) افزایش یافتند ($P<0.05$) اما اندیس پراکساید PV بدون تغییر ماند. علاوه بر این 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 روش پخت توسط مایکروویو به دلیل فرآیند حرارتی به شدت موجب افت شاخص PI گردید ($P<0.05$). همچنین فرآیند پخت با مایکروویو موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص PI گردید، ولی روی سایر ترکیبات مهم "فیله نمک‌سود کپور علفخوار" تاثیری نداشتبا این حال روش پخت ماهی توسط مایکروویو، موجب فساد کیفی شاخص‌های چربی نشد.

واژه های کلیدی: امگا-۳، چربی، کیفیت، کپور علفخوار، مایکروویو

*مسوول مکاتبات: hedayati.m@qaemiau.ac.ir

۱- مقدمه

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(۱۳). ماهی و سایر آبزیان منبع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند (۲۵). مطالعه ترکیبات بیوشیمیایی غذا یکی از مهمترین موضوعات تحقیق می‌باشد که در مورد ماهی، پایه‌ای‌ترین آن ها سنجش ترکیب تقریبی گوشت آن به همراه 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 گرفته اند (۵). ارزش غذایی مصرف ماهی به دلیل وجود پروتئین با ارزش زیستی بالا، مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها (A، B_3، B_6، B_{12}، E، D) و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری، مخصوصاً اکوزاپنتانوئیک اسید[1] یا EPA و دکوزاهگزانوئیک اسید[2] یا DHA در بافت ماهی می‌باشد. در واقع غذاهای دریایی، منبع اصلی اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه یا PUFA[3] و سری امگا-۳ می‌باشند. از این رو انسان بخش اعظم اسیدهای چرب ضروری به ویژه EPA و DHA را از مصرف ماهی، بی‌مهرگان آبزی و ماکروجلبک‌ها به دست می‌آورد (۸). اما محدودیت صید ماهیان سبب شده است تا آبزی پروری تنها راه پاسخگوی افزایش تقاضای ماهی و غذاهای دریایی باشد. 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 (۳۲) و وجود آنها در رژیم غذایی روزانه می‌تواند حملات قلبی ناگهانی و احتمال ترومبوزیس که از دلایل اصلی حملات قلبی است، کاهش دهد (۲۴). همچنین فواید اسیدهای چرب غیراشباع در تنظیم ضربان قلب و افزایش توانایی یادگیری به اثبات رسیده است (۳۸). 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 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 (۲۳) ، بر اساس توصیه انجمن قلب آمریکا (AHA[4])، مقدار مصرف ماهی باید حداقل دو بار در هفته باشد تا تأثیرات خود را نشان دهد. بنابراین مصرف ماهی بسیار مورد توجه می‌باشد (۳۳). 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 (۲۴). علاوه بر این، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع یا UFA/SFA[5] یعنی مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به مجموع اسیدهای چرب اشباع شده (۶)، وجود اسیدهای چرب غیراشباع سری ω-3 و ω-6 (۵، ۲۵) ، مجموع اسیدهای چرب سری ω-3 و ω-6 (۵، ۲۴) ، نسبت اسیدهای چرب سری ω-3 به ω-6 (۲۳، ۳۳) و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک و دوکوزاهگزانوئیک (EPA+DHA) (۵، ۲۳) از شاخص‌های اصلی سنجش ارزش غذایی ماهیان می‌باشند. از بین روش‌های رایج نگهداری ماهی نمک‌سود کردن بصورت خشک[6] 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 روش‌های فراوری نظیر دودی کردن، خشک کردن، کنسرو نمودن و ترد کردن مورد استفاده بوده است (۱۶). فرآیند نمک‌زنی و جذب نمک به فاکتورهای متعددی شامل گونه، نوع ماهیچه، اندازه ماهی، ضخامت

1- Ecosa-pentanoic acid: EPA
2- Docosa-hexaenoic acid: DHA
3- Poly Unsaturated Fatty Acids: PUFA
4- American Heart Association
5 Saturated Fatty Acids: SFA
6 Dry Salting

فیله، وزن، حالت فیزیولوژیکی، روش نمک زنی، غلظت آب نمک، مدت زمان فرایند نمک زنی و نسبت ماهی به نمک دارد (۳۶). 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 (۳، ۱۰). 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 (۴). 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(۱۱). فرآیندهای مختلف پخت، باعث تغییرات قابل توجهی در ترکیبات مغذی ماده غذایی از جمله چربی و اسیدهای چرب می‌شود(۱۱، ۲۳). اثر روش‌های متفاوت پخت بر روی ارزش غذایی و برخی ترکیبات بیوشیمیایی ماهیانی همانند گربه‌ماهی راه‌راه[1] (۱۵)، ماهی آزاد سالمون (۳۴)، قزل‌آلای رنگین‌کمان[2] (۹،۲۰)، ماهی سفید دریای مازندران[3] (۲۶)، ماهی شیر[4] (۱)، تیلاپیای نیل[5] (۲) و انواع ماهیان دریایی (۱۱، ۳۰) مورد مطالعه قرار گرفته است. در پژوهش کنونی تاثیر نمک‌سود کردن به روش خشک و سپس فرآیند پخت توسط مایکروویو بر روی تغییرات میزان چربی و اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا-۳ فیله ماهی کپور علفخوار Ctenopharyngodon idella و یا "آمور" به عنوان یکی از مهمترین‌ماهیان پرورشی آب شیرین مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

به میزان ۲۰ کیلوگرم ماهی پرورشی کپور علفخوار با وزن متوسط ۳/۵۰ ± ۸۵۰ گرم و طول متوسط ۱/۳۵ ± ۲۰/۲۸ سانتی‌متر، بصورت تازه از بازار ماهی فروشان مازندران در پاییز ۱۳۹۴ تهیه شد. نمونه‌ها پس از شستشو در داخل جعبه-های یونولیت حاوی یخ (به صورت لایه‌های 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 و به روش خشک، نمک سود شدند (۱۴). نمونه ها پس از سرزنی، تخلیه شکمی و شستشو مجدد به قطعاتی با ضخامت ۲ سانتیمتر و وزن تقریبی ۱۰۰ گرم تهیه شدند. خشی از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) و بقیه با استفاده از پرتودهی با مایکروویو مورد پخت قرار گرفتند. بطوریکه فرآیند پخت با امواج مایکروویو (Solar-DOM^{MT}, LG, 100W, KR) در طول موج MHZ ۲۴۵۰ به مدت ۱۳ دقیقه صورت پذیرفت.

۲-۱- اندازه‌گیری شاخص‌های شیمیایی چربی

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 (۲۸). برای سنجش اندیس پراکساید (PV[6]) 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 (۲۸) و میزان پراکسید مورد محاسبه قرار گرفت.

1- Pangasius hypophthalmus
2- Oncorhynchus mykiss
3- Rutlus frisii kutum
4- Scomberomorous commerson
5- Oreochromis niloticus
6- Peroxide

همچنین سنجش تیوباربیتوریک اسید یا TBA[1] به وسیله رنگ سنجی صورت گرفت. به طوری که مقدار ۲۰۰ میلی گرم از نمونه چرخ شده ماهی به بالن ۲۵ میلی لیتری انتقال یافت و سپس با بوتانل-۱ 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 میلی لیتر حلال بوتانل-۱ پس از فیلتر شدن به دست می آید). 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 (۲۸). شاخص اسیدهای چرب آزاد (FFA)[2] نیز برحسب درصد اولئیک اسید (OLA % [3]) تعریف شد (۲۳) 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 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.

۲-۲- سنجش پروفایل اسیدهای چرب

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 (۳۷)؛ 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 برحسب g/100g (گرم در صد گرم چربی) تعیین شدند.

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف – اسمیرنوف بررسی گردید. با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون آنالیز واریانس[4]، ابتدا وجود پارامترهای متفاوت بررسی و سپس با استفاده از آزمون دانکن[5] تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد شناسایی شدند ($P<0.05$). نمودارها با استفاده از Excel 2007 ترسیم شدند.

۳- نتایج و بحث

تغییرات درصد چربی پس از نمک‌سود کردن و نیز در روش پخت توسدر شکل ۱ و تغییرات شاخص‌های اکسایشی چربی در ماهی خام، نمک‌سود و پخته شده توسط مایکروویو 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 کپور علفخوار، موجب افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی شده است ($p<0.05$). در شرایط پخت با مایکروویو تاثیری روی فیله نمک‌سود دیده نشد ($p>0.05$). با نمک سود کردن تمام شاخص‌های فساد اکسایشی چربی افزایش یافتند ($p<0.05$) و بیشترین اثر

1- Thiobarbituric Acid
2- Free Fatty Acids
3- Oleic Acid
4- ANOVA
5- Duncan

نمک‌سود کردن روی شاخص پراکساید (PV) دیده شد (جدول ۱).

شکل ۱- تغییرات چربی بافت ماهی خام کپور علفخوار بعد از نمک‌سود و پختن توسط مایکروویو

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

جدول ۱- تاثیر نمک‌سود کردن و پخت به روش مایکروویو روی شاخص‌های اکسیداسیون چربی فیله کپور علفخوار

شاخص کیفی	فیله خام	فیله نمک سود	فیله نمک‌سود مایکروویو
PV meqO2/kg	۱/۸٦ ± ۰/۰٤ [a]	۳/٤٦± ۰/۰۹ [b]	۳/۱٤± ۰/۲۱ [b]
TBA mgMA/kg	± ۰/۰۲ [a] ۰/۰٤٥	۰/۲۲۳ ± ۰/۰٥ [b]	۱/۲٥٦ ± ۰/۱۱ [c]
FFA % Ol.A	۱/۰٥± ۰/۰۲ [a]	۱/۲۱± ۰/۱۰ [b]	۱/۹۹± ۰/۱۱ [c]

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 کپور علفخوار در شرایط تازه، نمک سود و نیز پخته شده توسط پرتودهی با مایکروویو 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 کپور علفخوار 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 فرآیند پخت فیله نمک‌سود با مایکروویو موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص غیراشباعیت گردید ($p<0.05$) ولی روی سایر سری‌های اسیدچرب فیله نمک‌سود کپور علفخوار تاثیری نداشت ($p>0.05$).

جدول ۲- پروفایل اسیدهای چرب فیله ماهی کپور علفخوار تحت تاثیر نمک‌سود کردن و پخت با مایکروویو (g/100g)

اسید چرب		فیله خام	فیله نمک سود	فیله نمک‌سود مایکروویو
میریستیک	C14:0	۱/۹۲±۰/۰۴^{a}	۲/۱۱±۰/۰۵^{a}	۲/۱۱±۰/۰۵^{a}
پالمیتیک	C16:0	۲۳/۰۴±۱/۰۶^{a}	۲۵/۲۶±۰/۰۸^{a}	۲۵/۲۶±۰/۰۸^{a}
استئاریک	C18:0	۳/۳۱±۰/۱۰^{a}	۲/۸۶±۰/۰۳^{b}	۲/۸۶±۰/۰۳^{b}
پالمیتولئیک	C16:1ω-7	۰/۳۷±۰/۰۶^{a}	۱/۴۸±۰/۰۱^{b}	۱/۴۸±۰/۰۱^{b}
اولئیک	C18:1ω-9	۳۴/۹۰±۰/۶۵^{a}	۳۴/۲۵±۰/۰۰^{a}	۳۴/۲۵±۰/۰۰^{a}
لینولئیک	C18:2ω-6	۱۱/۲۶±۰/۴۲^{a}	۱۵/۱۹±۰/۲۱^{b}	۱۵/۱۹±۰/۲۱^{b}
آراشیدونیک	C20:4ω-6	۰/۹۸±۰/۱۱^{a}	۱/۱۷±۰/۰۱^{a}	۱/۱۷±۰/۰۱^{a}
α-لینولنیک	C18:3ω-3	۰/۲۱±۰/۰۲^{a}	۱/۳۰±۰/۰۳^{b}	۱/۳۰±۰/۰۳^{b}
دوکوزاهگزانوئیک*	C20:5ω-3	۰/۵۵±۰/۰۲^{a}	۰/۲۵±۰/۰۱^{b}	۰/۲۵±۰/۰۱^{b}
دوکوزاهگزانوئیک**	C22:6ω-3	۱/۰۶±۰/۱۲^{a}	۰/۰۱±۰/۰۰^{b}	۰/۰۱±۰/۰۰^{b}
مجموع اسیدهای چرب شناخته شده		۷۷/۶۰	۸۵/۳۶	۸۳/۸۸

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

جدول ۳- ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی کپور علفخوار تحت تاثیر نمک‌سود کردن و پخت با مایکروویو (g/100g)

اسید چرب	فیله خام	فیله نمک سود	فیله نمک‌سود مایکروویو
مجموع اشباع (SFA)	۲۸/۲۷±۱/۲۵^{a}	۲۹/۷۹±۱/۲۲^{a}	۳۰/۲۳±۱/۲۵^{a}
مجموع تک غیراشباع (MUFA)	۳۵/۲۷±۲/۲۱^{a}	۳۷/۲۴±۲/۳۰^{a}	۳۵/۷۳±۲/۱۰^{a}
مجموع غیراشباع (UFA)	۵۰/۳۲±۱/۸۸^{a}	۵۵/۵۷±۱/۷۱^{b}	۵۳/۶۵±۱/۲۶^{ab}
مجموع چند غیراشباع*(PUFA)	۲/۸۰±۰/۲۵^{a}	۳/۲۸±۰/۱۵^{b}	۲/۷۳±۰/۵۰^{a}
نسبت چند غیراشباع به اشباع(PUFA/SFA)	۰/۱۰±۰/۰۲^{a}	۰/۱۱±۰/۰۴^{a}	۰/۰۹±۰/۰۱^{a}
نسبت غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)	۱/۷۸±۰/۱۵^{a}	۱/۸۶±۰/۱۱^{a}	۱/۶۶±۰/۲۱^{a}
مجموع امگا-۳ (ω-3)	۱/۸۲±۰/۱۰^{a}	۲/۱۵±۰/۱۳^{a}	۱/۵۶±۰/۰۴^{ab}
مجموع امگا-۶ (ω-6)	۱۲/۲۴±۰/۵۰^{a}	۱۶/۱۸±۰/۳۱^{b}	۱۶/۳۶±۰/۳۶^{b}
مجموعEPA+DHA	۱/۶۱±۰/۰۲^{a}	۱/۰۶±۰/۰۳^{b}	۰/۲۶±۰/۰۲^{c}
نسبت امگا-۳ به امگا-۶ (ω-3/ω-6)	۰/۱۵±۰/۰۲^{a}	۰/۱۳±۰/۰۳^{a}	۰/۰۹±۰/۰۳^{ab}
شاخص پلی ان: DHA+EPA/C16	۰/۰۷±۰/۰۱^{a}	۰/۰۴±۰/۰۱^{b}	۰/۰۱±۰/۰۰^{e}
مجموع شناسایی شده	۷۷/۶۰	۸۵/۳۶	۸۳/۸۸

* 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).

با توجه به نتایج پژوهش مشخص شد که نمک سود کردن موجب افزایش محتوی چربی از ۴/۳۰ به ۱۳/۶۲ درصد شد ($p<0.05$). افزایش چربی در فرآیند نمک‌سود ناشی از جذب آب توسط نمک و جبران کاهش رطوبت است (۴، ۳۰). درحالیکه فرآیند حرارتی پرتودهی مایکروویو تاثیری روی چربی فیله نمک‌سود نداشت و این درحالی است که طبق گزارش‌ها، روش‌های حرارتی دیگر همانند سرخ کردن به دلیل تاثیر جذب روغن در فرآیند سرخ کردن و همچنین افزایش دما میزان جذب روغن نیز افزایش می‌یابد (۱، ۳۰). 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 (۳۰). این درحالی است که گزارش شده‌است که به جز سرخ‌کردن، در روش‌های دیگر پخت همانند مایکروویو، فر، کباب و آب‌پز کردن که با دمای بالاتر و با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد، میزان چربی بطور قابل ملاحضه‌ای کاهش می‌یابد(۲). خروج رطوبت طی نمک‌سود کردن فیله ماهی کپور علفخوار نیز از دیگر دلایل افزایش مقدار چربی است (شکل ۱) بطوریکه در پژوهش کنونی موجب افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی شده است ($P<0.05$). پرتودهی با مایکروویو فرآیندی حرارتی است و حرارت‌دهی گوشت ماهی بر روی هیدرولیز و اکسیداسیون چربی تاثیر گذار می‌باشد؛ در خلال حرارت‌دادن، چربی‌ها تحت تاثیر اکسیداسیون حرارتی قرار می‌گیرند که سریع‌تر از اکسیداسیون در نمونه‌های خام می‌باشد(۲۳). جهت تعیین هیدروپراکسایدها به‌عنوان محصول اولیه اکسیداسیون چربی در ماهیان از شاخص پراکساید (PV) استفاده می‌شود. 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 (۳۷). عوامل درجه حرارت، رطوبت، نور و اکسیژن در تغییرات اکسیداسیون موثر هستند و در بین این عوامل، درجه حرارت در کنار حضور اکسیژن در محیط (۲۳) نقش بسیار مهمی را در تغییرات اکسیداسیون ایفاء می‌نماید. حرارت باعث تسریع اکسیداسیون و تجزیه هیدروپراکسیدها شده و به دنبال اکسیداسیون را تشدید می‌کند(۱۳، ۲۱). در پژوهش کنونی، نمونه تازه فیله ماهی کپور علفخوار دارای کمترین مقدار پراکساید (PV) بود ولی بعد از نمک‌سود کردن از ۱/۸۶ به به ۳/۴۶ $meqO_2/Kg$ رسید ($P<0.05$) که پس از پخت با روش مایکروویو نیز به ۳/۱۴ $meqO_2/Kg$ رسید اما تفاوتی با نمونه نمک‌سود نداشت ($P<0.05$). در واقع در روش مایکروویو، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد کمتر بوده و به همین دلیل نمی‌توانند سریعا به اسیدهای چرب تهاجم نموده و موجب تولید هیدروپراکسید گردند (۳۳). نتایج مشابهی در مورد ماهی شیر (۱) گزارش شد.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 (۱۳، ۲۱). شاخص تیوباربیتوریک اسید یا TBA به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در ماهیان استفاده می‌شود (۳۱) که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدهیدها را نشان می‌دهد (۲۳). روند افزایش این شاخص‌ها در طول مدت نگهداری به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدانت‌ها در ماهیچه است (۴، ۲۳). در مطالعه کنونی کمترین مقادیر TBA به عنوان تولیدات ثانویه اکسیداسیون چربی تیوباربیوتیک اسید با ۰/۰۴۵ mgMD/kg در بافت تازه و پس از آن با ۰/۲۲۳ mgMD/kg در بافت تازه نمک‌سود شده ماهی کپور علفخوار مشاهده شد (جدول ۱). با فرآیند نمک‌سود کردن گرچه میزان TBA افزایش یافت ($p<0.05$) لیکن در محدوده تازه باقی ماند؛ اما فرآیند حرارتی مایکروویو موجب تغییرات چندبرابر آن تا ۱/۲۵۶ mgMDA/Kg 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، کتون ها و الکل می‌باشد(۲۳). بهترین محدوده مصرف TBA در چربی ماهی خام، ۱ تا ۲ mgMD/kg گزارش شد (۲۹) و در همین حال برخی منابع محدوده مناسب TBA در ماهیان عمل‌آوری‌شده را برای مصارف انسانی ۲ تا ۳ معرفی نموده و سقف ۵ meqO2/kg را فاسد و غیرقابل مصرف شناختند (۲۳). در مطالعه حاضر فیله نمک‌سود کپور علفخوار تهیه شده با روش مایکروویو نیز 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(۱) که نتیجه‌ای همانند پژوهش کنونی را تجربه کردند. افزایش شاخص TBA در اثر مایکروویو می‌تواند ناشی از اعمال حرارت باشد.همچنین اسیدهای چرب آزاد (FFA) در "فیله خام ماهی کپور علفخوار" تحت تاثیر نمک‌سود کردن ۰/۱۶ درصد افزایش یافت ($p<0.05$) که علیرغم متفاوت بودن، موثر نبود، لیکن همین شاخص در "فیله نمک‌سود کپور علفخوار" در اثر فرآیند مایکروویو ۰/۷۸ درصد افزایش نشان داد و به ۱/۹۹ درصد رسید($p<0.05$). پختن به روش پرتودهی با مایکروویو موجب افزایش FFA گردید. فرآیند مایکروویو روشی حرارتی همراه با پرتو و 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(۷). در عوض شکستن مولکول‌های سنگین نظیر فسفولیپیدها و تری‌گلیسیریدها، عامل ایجاد FFA جدید و افزایش مقادیر آن معرفی گردیده است (۷، ۱۲). 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، به طوری که 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 (۳). نتایج پژوهش کنونی نشان داد فرآیند پرتودهی مایکروویو هیچگونه اثری روی پروفایل اسیدهای چرب ماهی نمک سود کپور علفخوار نداشت ($p>0.05$) بنابراین مایکروویو موجب حفظ کمیت و کیفیت اسیدهای چرب ماهی گردید که بسیار حائز اهمیت است. درحالی که گزارش‌های مشابه حاکی از تاثیرات متغیر روش‌های دیگر پخت (سرخ، کباب و بخارپز کردن) روی پروفایل اسیدهای چرب ماهی بوده است (۱، ۲).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(۳). درحالیکه برخی محققان مدعی افزایش UFA بافت ماهیان بعد از فرآیندهای حرارتی همچون پخت با سرخ‌کردن بودند(۱۷، ۱۸، ۱۹، ۳۵). برخلاف نظر آنان، در پژوهش حاضر نسبت PUFA/SFA در بافت نمک‌سود کپور علفخوار بعد از پرتودهی با مایکروویو بدون تغییر ماند. این تفاوت نظر می‌تواند ناشی از نوع حرارت‌دهی و نوع انتقال حرارت (بخار آب، روغن و یا اشعه) باشد و البته بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن دارد.فرآیند پخت با مایکروویو همچنین موجب کاهش اسیدهای چرب PUFA و نیز شاخص غیراشباعیت(PI) گردید($p<0.05$) ولی روی سایر ترکیبات مهم فیله نمک‌سود کپور علفخوار تاثیری نداشت ($p>0.05$). از آنجائیکه اکثریت اسیدهای چرب چندغیراشباع در گوشت ماهی از نوع اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ هستند (۱۹، ۲۵، ۳۷) در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز آن ها می‌تواند در کیفیت غذا موثر باشد(۲۷) که پژوهش کنونی و فرآیند حرارتی

مایکروویو کمترین تغییر را در این ترکیبات با ارزش غذایی نشان داد. نسبت مهم اسیدهای چرب ω-3/ω-6 نیز در "فیله نمک‌سود کپور علفخوار" بعد از انواع پرتودهی بدون تغییر باقی‌ماند و تثبیت شد($p>0.05$). این نتیجه در سایر تحقیقات نیز دیده شد (۱، ۱۸، ۱۹).

٤- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر نمک‌سود کردن (با جذب رطوبت) موجب افزایش میزان محتوی چربی ماهی شد ولی پرتودهی با مایکروویو تغییری در محتوای چربی ماهی پدید نیاورد. همچنین روش پخت مایکروویو موجب افزایش شاخص‌های اکسایشی چربی TBA و FFA شد. با این حال این فرآیند موجب فساد کیفی شاخص‌های چربی نشد. همچنین طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)، چندغیراشباع (PUFA) و مجموع امگا-۶ (ω-6) افزایش یافتند اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA کاهش یافتند، که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود. از طرف دیگر پرتودهی با مایکروویو به دلیل فرآیند حرارتی افت شاخص غیراشباعیت PI و کاهش اسیدهای چرب PUFA گردید، ولی روی سایر ترکیبات مهم "فیله نمک‌سود کپور علفخوار" تاثیری نداشت. در نهایت روش پخت با مایکروویو ضمن حفظ کمیت و کیفیت اسیدهای چرب، شاخص‌های فساد اکسایشی ماهیان نمک‌سود را در محدوده مجاز مصرف نگاه می‌دارد.

٥- منابع

۱.زکی‌پور رحیم‌آبادی، ا.، 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*، جلد۸، شماره ۳۱، ۶۱-۵۳.

۲. قیومی‌جونیانی، ا.، خوشخو، ژ.، مطلبی، ع.، مرادی، ی. ۱۳۹۰. تاثیر روش‌های مختلف پخت بر ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی تیلاپیا (Oreochromis niloticus)، مجله *علمی شیلات ایران*، جلد۲۰، شماره۲، ۱۰۸-۹۷.

۳. معینی، س.، رفیعی طاری، م.، قزوینی، پ.، 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)*، جلد٦٥ ،شماره٤، ٤٣٨-٤٢٩.

٤. هدایتی‌فرد، م. ۱۳۹٤. 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 $^{\circ}C$ ٤، *مجله علمی شیلات ایران*، جلد٢٤، شماره٤، ١٤٣- ١٢٧.

5. 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.

6. 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 carpio) and Grass Carp (Ctenopharyngodon idella), Noshahr, Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 3 (6): 533-538.

7.Al-Saghir, S1., Thurner, K., Wagner, KH., Frisch, G., Luf, W., Razzazi-Fazeli, E., 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.

8.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.

9. 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.

10. Boudhrioua, N., Djendoubi, N., Bellagha, S and Kechaou, N. 2009. Study of moisture and

trout (oncorhynchus mykiss), *Food Chemistry*, 84: 19-22.
21. 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.
22. Hedayatifard, M., 2003. Fish and Shrimp Processing Technology, Persia Fisheries Industries Co, PFICO, Tehran, 120p.
23. Hedayatifard, M., 2009. Comparative Study of Fatty Acid Composition of Golden Mullet Fillet and Roe Oils (Liza aurata Risso, 1810), *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4: 209-213.
24.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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. Kirk, RS. and Sawyer, R., 1991. Pearson's Chemical Analysis of Foods. (9th Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK.
29. 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).
30. Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, AA., Syed Muhamad, SH. and Che Man, Y., 2011. A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20: 379–390.
31. Nishimoto, J., I. K. Suwetja, and H. Miki. 1985. Estimation of keeping freshness period and salt transfers during salting of sardine fillets, *Journal of Food Engineering*, 94: 83–89.
11. 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.
12. 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.
13. Connell, JJ., 2002. Quality control in fish industry. Torry Advisory Note, No. 58.
14. Doe, P.E., 1998. Fish Drying and Smoking: Production and Quality. New York, NY: Taylor & Francis.
15. 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.
16. 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.
17. García -Arias MT, Alvarez-Pontes E, García-Linares MC, García-Fernandez MC, Sanchez-Muniz FJ., 2003. Grilling of sardines fillets: Effects of frozen and thawed modality on their protein quality. *LWT- Food Science and Technology*, 36: 763–769.
18. 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.
19. Gladyshev M.I., Sushchik N.N., Gubanenko G.A., Makhutova O.N., Kalachova G.S., Rechkina E.A,. Malyshevskaya K.K., 2014. Effect of the way of cooking on contents of essential polyunsaturated fatty acids in filets of zander. *Czech Journal of Food Sciences*, 32: 226–231.
20. Gokoglu N.,Yerlikaya P.and cengiz E., 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow

practical storage life of mackerel muscle during storage at low temperatures. Memoirs of the Faculty of Fisheries Kagoshima University. 34(1): 89-69.
32. Nordoy, A., Marchioli, R. and Arnesen, H., 2001. N-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. *Lipids*, 36: 127-129.
33. Özogul Y., Özyurt, G., Özogul, F., Kuley, E. and Polat, A., 2005. Freshness assessment of European eel (Anguilla anguilla) by sensory, chemical and microbiological methods; *Food Chemistry*, 92: 745-751.
34.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: 160-167.
35. 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.
36. 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 Bioproducts Processing*, 89: 170–177.
37. Stansby , M.E., 1990. Fish oils in nutrition. (1st Ed). AVI. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 313p.
38. Torrejon, C., Jung, U.J. and Deckelbaum, R.J., 2007. N-3 fatty acids and cardiovascular disease: Actions and molecular mechanisms. Prostaglandins, *Leukotrienes & Essential Fatty Acids*, 77: 319-26.

(Original Research Paper)

Comparative Evaluation of Lipid and Fatty Acids Compounds if Grass-Carp Fillet *Ctenopharyngodon idella* under Raw, Salted and Microwave Cooked Conditions

Seyyed Mohammad Miri[2], Masoud Hedayati fard[1]*

1- MSc Student of Aquaculture Breeding, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.
2-Associate Professor, Department of Fisheries and Fisheries Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Qaemshahr branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.

Received:13/04/2017 Accepted:15/07/2018

Abstract

The raw, dry-salted and cooked by microwaved of Grass-Carp fillet were evaluated, qualitatively. The results showed that the salting increased the lipid content ($P<0.05$). Also, microwave cooking method increased some oxidative indices, so that, TBA (0.223 to 1.256 mgMDA/Kg) and FFA (1.21 to 1.99 %) ($P<0.05$) but PV had no change. 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 ($P>0.05$). The microwaving cooking way decreased PI because of the thermal process ($P<0.05$). Also, cooking by microwave can decrease PUFA and PI, but has no effect on the other importance salted Grass-Carp fillet. However, the fish cooking method by microwaving didn't lead to lipid qualitative spoilage.

Keywords: Grass-Carp, Lipid, Omega-3, Quality, Microwave

*Corresponding Author: hedayati.m@qaemiau.ac.ir