

اثر روش‌های مختلف پخت بر ترکیب اسیدهای چرب روغن ماهی بیاہ تیمار شده با عصاره‌ی الکلی رازیانه

عاطفه رمضانی^۱، سیدامیرحسین گلی^{۲*}، مهدی کدیور^۳ و محمد رضا سبزیعلیان^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۹

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳ استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۴ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*مسئول مکاتبه: Email: amirgoli@cc.iut.ac.ir

چکیده

امروزه در جهان مصرف ماهی به منظور تأمین مواد مغذی و همچنین حفظ سلامتی انسان روز به روز در حال افزایش است. در این مطالعه ماهی بیاہ ابتدا به سه گروه تقسیم شد، یک گروه به صورت خام نگهداری شد و دو گروه دیگر به دو روش سرخ کردن و آون گذاری (با و بدون عصاره الکلی رازیانه) پخته شدند و مدت ۵ ماه به فریزر -18°C منتقل و بصورت منجمد نگهداری شدند. در فواصل زمانی مشخص نمونه‌ها از فریزر خارج و به دو روش آون‌گذاری و مایکروویو رفع انجماد شدند. خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب روغن ماهی تیمار شده و نمونه خام در روش‌های مختلف فراوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی پخت نمونه آون‌گذاری شده دارای کمترین رطوبت (۵۱٪/۹۷) و بیشترین پروتئین (۳۹٪/۶۹) بود. نمونه سرخ شده به دلیل جذب روغن طی فرایند پخت دارای بیشترین میزان چربی بود (۸٪/۶). بیشترین میزان اسیدهای چرب ماهی بیاہ، میرستیک اسید، اولئیک اسید و میریستولئیک اسید بودند. نسبت اسیدهای چرب امگا-۶ به امگا-۳ در روش پخت با آون تفاوت چندانی با نمونه خام نداشت در حالی‌که این نسبت در نمونه‌های سرخ شده به دلیل نفوذ روغن سرخ کردنی به بافت ماهی افزایش داشت. میزان اکوزاپنتانویک اسید و دکوزاهگزانویک اسید بترتیب از ۷/۹ و ۳/۶٪ در ماهی خام به ۲/۴ و ۱/۳٪ در نمونه سرخ شده کاهش یافت. بین روش‌های گرم کردن مجدد تفاوت معنی‌داری در اسیدهای چرب مختلف وجود نداشت. در نمونه‌های تیمار شده با عصاره رازیانه کاهش کمتری در میزان اسیدهای چرب غیراشباع در طول ۵ ماه دوره نگهداری مشاهده شد.

واژگان کلیدی: ماهی، پخت، اسیدهای چرب، سرخ کردن، عصاره رازیانه

مقدمه

در حال حاضر، ماهی یک ماده غذایی مهم برای سلامت انسان محسوب می‌شود و باید در همه رژیم‌های سالم و متعادل گنجانده شود زیرا غنی از پروتئین‌های قابل هضم حاوی همه اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب چند غیراشباع، املاح و ویتامین‌ها و بسیاری مواد مغذی دیگر است (کوبا و همکاران ۲۰۱۲ و ارزوی و همکاران ۲۰۱۱). مصرف حداقل دو وعده ماهی در هفته توصیه شده و ثابت شده است که مصرف آن اثرات سودمندی بر سلامت انسان دارد که دلیل این امر را تا حدود زیادی به اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در ماهی نسبت داده‌اند. اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ مانند اسید اکوزاپنتانوئیک و اسید دکوزاهگزانوئیک در بدن انسان با راندمان بسیار پائینی سنتز می‌شوند و بنابراین باید از طریق رژیم غذایی در مقادیر بیشتری تأمین شوند که ماهی یکی از منابع مهم آنها به شمار می‌رود. این اسیدهای چرب اثرات سودمندی بر تشکیل استخوان، کاهش کلسترول، جلوگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی، فشارخون و برخی سرطان‌ها در انسان دارند و رژیم‌های غذایی حاوی این ترکیبات می‌توانند باعث کاهش شیوع بیماری‌های مزمن کلیوی شوند (کاسترو گنزالس و همکاران ۲۰۱۵، کوبا و همکاران ۲۰۱۲ و لارسن و همکاران ۲۰۰۸). برای مصرف ماهی نیاز به فراوری و طبخ آن است. در طول پخت واکنش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی صورت می‌گیرد که از سویی باعث بهبود ارزش تغذیه ای ماهی شده و از سوی دیگر کاهش ارزش غذایی آن را به همراه دارد، به عنوان مثال افزایش دنا توراسیون پروتئین‌های موجود در بافت ماهی طی پخت قابلیت هضم آن را افزایش می‌دهد، اما مقدار ویتامین‌های محلول در چربی و اسیدهای چرب غیر اشباع آن کاهش می‌یابد (ارزوی و همکاران ۲۰۱۱). انجماد نیز فرایندی مناسب برای حفظ کیفیت ماهی برای مدت طولانی است، دلیل آن کاهش سرعت فرایندهای بیوشیمیایی و فعالیت‌های

میکروارگانیزم‌ها در طول انبارداری است گرچه ثابت شده است که در طول انجماد و انبارداری محصولات منجمد، هیدرولیز چربی و کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) رخ می‌دهد (سالدانها و همکاران ۲۰۰۸). در صورتی که مواد غذایی بصورت پخته و یا نیم پخته منجمد شوند، مدت زمان بیشتری قابل نگهداری هستند و می‌توان با روش‌های سریعی مانند آون گذاری و یا مایکروویو آنها را در کمترین زمان ممکن آماده مصرف کرد. این نوع از غذاها باعث کاهش میزان هزینه‌ها و نیروی کار شده و می‌توانند در رستوران‌ها، بیمارستان‌ها و مدارس مورد استفاده قرار گیرد (تانیموتو و همکاران ۲۰۱۵، گارسیا آریاز و همکاران ۲۰۰۳).

با استفاده از عصاره‌های گیاهی به دلیل داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی می‌توان سرعت اکسیداسیون چربی و کاهش میزان PUFA را کاهش داد. از جمله این عصاره‌های گیاهی موثر می‌توان به عصاره رزماری، نعناع، مریم گلی، آویشن و میخک اشاره کرد. گوشت ماهی به دلیل داشتن مقدار زیادی اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به دیگر گوشت‌ها حساسیت بیشتری به اکسیداسیون دارد و افزودن عصاره‌های گیاهی به آن باعث پایداری اکسیداتیو در شرایط انبارداری به صورت منجمد می‌شود (اوزگول و همکاران ۲۰۰۹ و اوزیورت و همکاران ۲۰۱۱). رازیانه با نام علمی *Miller* *Foeniculum subsp. vulgare vulgare* مترادف با *F. ffinale* است. بررسی عصاره‌های استخراج شده از قسمت‌های مختلف گیاه رازیانه نشان می‌دهد که این عصاره قادر به خنثی کردن رادیکال‌های آزاد حاصل از اکسیداسیون می‌باشد. حضور ترکیبات فنولیک در قسمت‌های مختلف این گیاه می‌تواند در فعالیت‌های آنتی اکسیدانی آن سهمیم باشد (دلارام و همکاران ۲۰۱۱).

فودال و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی رازیانه پرداختند و با کمک دستگاه

آسیاب و برای عصاره گیری به آزمایشگاه انتقال داده شد. در مرحله عصاره گیری ۵۰ گرم از پودر خشک برگ رازیانه درون ارلن ۵۰۰ میلی لیتری وزن شد و مقدار ۲۵۰ میلی لیتر اتانول ۹۶٪ به آن اضافه گردید، سپس به مدت ۲ ساعت در حمام آب گرم با دمای 60°C قرار گرفت (عصاره گیری مجدد برای استخراج بهتر ترکیبات فنولیک از نمونه ها صورت گرفت). پس از اتمام زمان لازم با استفاده از کاغذ صافی واتمن فیلتراسیون انجام شد و عصاره از ذرات جامد جدا و عصاره ی صاف شده با استفاده از دستگاه تبخیر کننده چرخشی در خلا تغلیظ شد و در انتها عصاره تا زمان استفاده در فریزر با دمای -18°C و در جایی تاریک نگهداری شد (کنار و همکاران ۲۰۱۰).

روش های پخت

سرخ کردن ماهی: فیله های ماهی به مدت ۸ دقیقه در روغن سرخ کردنی با دمای 180°C و در سرخ کن به صورت غوطه وری سرخ شدند. پس از سرخ شدن، فیله ها خارج و روغن اضافی آن گرفته شد و پس از آن نمونه ها در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی و به فریزر منتقل شد. برای آماده سازی فیله های سرخ شده با عصاره، عصاره ی رازیانه با غلظت ۳/۵٪ تهیه شد و فیله ها به مدت ۴ دقیقه در عصاره غوطه ورگردید، سپس مراحل سرخ کردن به صورت بالا انجام شد و نمونه های سرخ شده پس از بسته بندی به فریزر منتقل شد (اوزگول و همکاران ۲۰۰۹).

آون گذاری ماهی: فیله های ماهی به مدت ۲۰ دقیقه در دمای 180°C پخته شد. سپس نمونه هادر کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی و به فریزر منتقل شد. برای آماده سازی نمونه های آون گذاری شده با عصاره، فیله ها در عصاره ی رازیانه ۳/۵٪ به مدت ۴ دقیقه غوطه ور شد و مانند مراحل قبل پخته و پس از بسته بندی به فریزر منتقل شد (اوزورت و همکاران ۲۰۱۱).

کروماتوگرافی مایع با فشار بالا (HPLC)، اسیدهای فنولیک، فلاونوئید و اسید رزمارینیک را در رازیانه شناسایی کردند.

اوزگول و همکاران (۲۰۰۹) اثر ترکیبی انجماد و استفاده از آنتی اکسیدان های رازیانه بر کیفیت فیله ی ماهی آزاد را مورد مطالعه قرار دادند و پس از ارزیابی های لازم دریافتند که خصوصیات بیوشیمیایی در نمونه های آغشته به عصاره رزماری ثابت خوبی دارد گرچه طبق ارزیابی های حسی انجام شده فیله ی ماهی آغشته به عصاره ی رزماری ۲٪ دارای پس طعم تلخی است.

این پژوهش با هدف بررسی روش های پخت و انبارداری بر روی خواص روغن ماهی و پروفایل اسیدهای چرب روغن ماهی گونه ی بیاہ موجود در دریای جنوب انجام شد همچنین از عصاره گیاه رازیانه به عنوان منبعی از آنتی اکسیدان های طبیعی به منظور بررسی اثر آن در جلوگیری از اکسیداسیون و فساد روغن ماهی در طی مراحل پخت و انبارداری استفاده شد.

مواد و روش ها

تهیه نمونه ماهی و آماده سازی اولیه

پس از خریداری ماهی بیاہ از بازار محلی (شاهین شهر اصفهان)، سر، پولکها، امعاء و احشاء، باله ها و دم آن جدا شد و فیله ها به صورت تصادفی به سه گروه تقسیم شدند. یک گروه به صورت خام نگهداری شد و به عنوان نمونه ی شاهد مورد استفاده قرار گرفت. گروه دیگر در سرخ کن سرخ شد (نیمی با عصاره رازیانه و نیمی بدون عصاره) و یک گروه نیز در آون پخته شدند (نیمی با عصاره رازیانه و نیمی بدون عصاره). تمامی نمونه ها در نهایت در فریزر -18°C نگهداری شدند (اوزورت و همکاران ۲۰۱۱).

آماده سازی و عصاره گیری از گیاه رازیانه

گیاه رازیانه (پس از تایید جنس و گونه آن) به کمک دستگاه خشک کن ابتدا خشک گردید و پس از آن برگ آن از ساقه های خشبی جدا شد. برگ خشک شده

رفع انجماد نمونه‌ها

رفع انجماد با دو روش آون‌گذاری و مایکروویو انجام شد. در آون‌گذاری، نمونه‌ها در فر با دمای 125°C و به مدت ۱۲ دقیقه رفع انجماد شد و در روش مایکروویو، دستگاه مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگا هرتز و قدرت ۱۰۰ وات تنظیم شد و نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه در آن قرار گرفت (گارسیا آریاز و همکاران ۲۰۰۳).

اندازه‌گیری ترکیبات مختلف فیله‌ی ماهی

رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی به روش AOAC (۲۰۰۵) در ماهی‌های تازه، سرخ شده و پخته شده اندازه‌گیری شد.

استخراج چربی با روش سرد و به روش بلیق و دایر (۱۹۵۹) انجام شد. ترکیب اسیدهای چرب توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی موجود در آزمایشگاه گروه صنایع غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان و با ستون موئینه-HP 88 (۱۰۰متر $\times$ ۲۵۰ میکرومتر $\times$ ۰/۲ میکرومتر) تعیین شد. گاز نیتروژن با جریان ۱/۱ میلی لیتر بر دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده شد. دمای اولیه ستون 150°C بود که سپس تا دمای 190°C با سرعت 5°C به ازای هر دقیقه افزایش یافت و پس از زمان ماند ۲ دقیقه ای تا دمای 240°C با همان سرعت افزایش داشت و در این دما به مدت ۸ دقیقه باقی ماند. دمای دتکتور FID، 250°C بود.

طرح آماری و آنالیز نتایج

آنالیزهای مربوط به مقایسه ترکیبات شیمیایی ماهی بیا با آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. آنالیزهای مربوط به بررسی ترکیب اسیدهای چرب روغن ماهی در طی دوره نگهداری با آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی خرد شده در زمان و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. آزمون مقایسه میانگین داده‌ها نیز با روش LSD (حداقل تفاوت معنی دار) در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

در جدول ۱ میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر ماهی بیا خام و پخته شده گزارش شده است. بین مقادیر رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر در نمونه‌های خام و فراوری شده در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری وجود داشت. میزان رطوبت نمونه‌ها در محدوده ۷۱-۹۱٪ به دست آمد که نمونه‌ی خام با ۷۱٪ بیشترین میزان رطوبت را داشت. میزان رطوبت ماهی پس از پخت کاهش یافت و کمترین مقدار آن در نمونه آون‌گذاری شده به دست آمد. نمونه‌های حاوی عصاره رطوبت بیشتری نسبت به نمونه‌های فاقد آن داشتند و رطوبت نمونه‌ی سرخ شده و آون‌گذاری شده با عصاره به ترتیب ۴/۴ و ۶٪ بیشتر از نمونه‌های بدون عصاره گزارش شد که این افزایش رطوبت می‌تواند به دلیل جذب آب توسط فیله‌ها در طی غوطه‌وری آن‌ها در محلول عصاره رازیانه باشد. کمترین میزان پروتئین از نمونه‌ی خام (۲۳٪/۹) به دست آمد. میزان پروتئین تمامی نمونه‌ها پس از پخت افزایش داشت که بین دو تیمار سرخ شده و آون‌گذاری شده با عصاره در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری مشاهده نشد. چربی ماهی بیا ۵/۹٪ به دست آمد که در دسته ماهی‌ها با چربی متوسط قرار می‌گیرد. کمترین میزان خاکستر از نمونه خام بود و نمونه سرخ شده دارای بیشترین میزان چربی بود (۸٪/۶۰). جذب روغن طی فرایند سرخ کردن می‌تواند پس از تبخیر رطوبت ماده غذایی صورت گیرد. بدین ترتیب میزان پروتئین، خاکستر و چربی پس از پخت افزایش نشان داده است که با توجه به کاهش رطوبت در نمونه‌ها قابل توجیه است. گارسیا آریاز و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده کردند که فرایندهای پخت با آون و سرخ کردن بترتیب موجب کاهش رطوبت ماهی از ۶۰٪ به ۵۵ و ۴۳٪ شد، در حالیکه میزان پروتئین ماهی از ۲۰٪ در ماهی خام به ۲۶ و ۳۲٪ در ماهی پخته شده افزایش یافت.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی نمونه‌های ماهی

خاکستر	چربی	پروتئین	رطوبت	
۱/۰۷±۰/۱۷ ^b	۵/۸۰±۰/۱۲ ^c	۲۳/۹۸±۰/۲۱ ^d	۷۱/۰۲±۰/۲۸ ^a	خام
۱/۴۱±۰/۱۵ ^a	۸/۶۰±۰/۱۹ ^a	۳۴/۹۱±۰/۱۸ ^b	۵۶/۲۶±۰/۸۱ ^c	سرخ شده
۱/۶۷±۰/۵۳ ^a	۶/۳۹±۰/۳۹ ^c	۳۹/۶۹±۰/۳۸ ^a	۵۱/۹۷±۰/۴۴ ^d	آون گذاری شده
۱/۳۷±۰/۱۸ ^{ab}	۷/۲۷±۰/۲۰ ^b	۳۲/۱۱±۰/۴۶ ^c	۶۰/۶۹±۰/۷۲ ^b	سرخ شده با عصاره
۱/۴۲±۰/۴۹ ^a	۶/۱۱±۰/۲۸ ^c	۳۵/۹۹±۰/۴۱ ^b	۵۸/۰۱±۰/۵۱ ^c	آون گذاری شده با عصاره

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار داده‌ها است

تأثیر روش پخت بر ترکیب و میزان اسیدهای چرب ماهی

جدول ۲ ترکیب اسیدهای چرب ماهی خام و پخته شده را طی دوره ۵ ماهه انبارمانی نشان می‌دهد. اسیدهای چرب اسید میریستیک، اسید اولئیک و اسید میریستولئیک با میزان ۳۲/۱، ۱۹/۷ و ۱۸/۶٪ بیشترین میزان اسیدهای چرب ماهی بیاہ را تشکیل می‌دهند، میزان این اسیدهای چرب در ماهی سالمون به ترتیب ۱۵/۱، ۲۷/۶ و ۵/۳٪ (لارسن و همکاران ۲۰۱۰) و در ماهی *Merluccius hubbsi* به ترتیب ۱۲/۲، ۲۸/۹ و ۱۲/۴٪ گزارش شده است (سالدانها و همکاران ۲۰۰۸). میزان اسیدهای اکوزاپنتانوئیک و دکوزاهگزانوئیک در ماهی بیاہ خام به ترتیب ۷/۹ و ۳/۶٪ به دست آمد. میزان این دو اسید چرب در ماهی آب‌های آزاد چندین برابر بیشتر از ماهی‌های پرورشی است که این امر به نوع تغذیه‌ی آن‌ها به ویژه نوع چربی رژیم غذایی که تعیین کننده‌ی مقدار و ترکیب اسیدهای چرب ماهی است بستگی دارد، جیره ماهی‌های پرورشی معمولاً دارای اسید لینولئیک زیادی است و به همین دلیل میزان اسیدهای اکوزاپنتانوئیک و دکوزاهگزانوئیک در آن‌ها کمتر گزارش می‌شود (دومیزووسکی و همکاران ۲۰۱۱). در ماهی بیاہ میزان اسیدهای چرب امگا-۳ بیشتر از امگا-۶ بود که نشان دهنده کیفیت بالای این روغن و توانایی آن در جلوگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی است. با توجه به این که در فرایند سرخ کردن از

روغن سرخ کردنی استفاده می‌شود و امکان تبادل اسیدهای چرب بین روغن ماهی و روغن سرخ کردنی وجود دارد، سرخ کردن به طور قابل توجهی بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی اثر گذار است و مقدار چربی کل ماهی و پروفایل اسیدهای چرب آن طی فرایند سرخ کردن به شدت تغییر می‌کند (ارزوی و همکاران ۲۰۰۹ و گارسیا آریاز و همکاران ۲۰۰۳). سرخ کردن باعث افزایش میزان اسید اولئیک (۳۲٪) و اسید لینولئیک (۲۳٪/۵) در ماهی شد در حالیکه میزان سایر اسیدهای چرب ماهی به دلیل نفوذ روغن سرخ کردنی به داخل بافت ماهی کاهش یافته است، این کاهش به ویژه در میزان اسید اکوزاپنتانوئیک و اسید دکوزاهگزانوئیک که از اسیدهای چرب مهم در ماهی هستند مشاهده می‌شود به گونه‌ای که میزان این اسیدهای چرب از ۷/۹ و ۳/۶٪ در ماهی خام به ترتیب به ۲/۴ و ۱/۳٪ در نمونه‌ی سرخ شده کاهش یافت. آمیرا و همکاران (۲۰۱۰) کاهش قابل توجهی را در میزان اسیدهای چرب امگا-۳ و به خصوص میزان دکوزاهگزانوئیک اسید و اکوزاپنتانوئیک اسید در ماهی *Sparus aurata* سرخ شده با روغن سویا نسبت به نمونه‌ی خام گزارش کردند، میزان این دو اسید چرب در نمونه‌ی خام به ترتیب ۶/۹ و ۳/۷٪ بود و پس از سرخ کردن به ۰/۴٪ کاهش یافت. میزان اسیدهای چرب در نمونه‌ی آون گذاری شده در مقایسه با اسیدهای چرب نمونه‌ی خام دارای نوساناتی بود، به عنوان مثال میزان اسیدهای چربی مانند اسید پالمیتیک، اسید میریستیک و اسید میریستولئیک در نمونه پخته

شده با آون تفاوت چندانی با مقدار آن‌ها در نمونه ی خام نداشت در حالیکه میزان اسید پالمیتولیک از ۲/۱٪ در نمونه خام به ۴/۷٪ در نمونه آون گذاری شده افزایش و اسید لینولئیک از ۲/۶٪ در نمونه ی خام به ۱٪/۴ در نمونه آون گذاری شده کاهش یافت. وبر و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند روش پخت با آون نسبت به روش سرخ کردن اثر کمتری بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی داشته است و تغییرات ایجاد شده در اسیدهای چرب مختلف روند مشابهی نداشته است. این تغییرات مطابق با یافته های گارسیا آریاز و همکاران (۲۰۰۳) نیز بود. با گذر زمان و در طی انبارداری میزان اسیدهای چرب اشباع (SFA) در اکثر تیمار ها افزایش یافت در حالیکه میزان انواع چند غیر اشباعی با کاهش روبه رو بود، به عنوان مثال میزان اسید دکوزاهگزانوئیک در نمونه ی آون گذاری شده در روز پایانی به میزان ۰/۷٪ نسبت به روز صفر کاهش داشت، اگرچه در برخی نمونه ها میزان این اسیدهای چرب در طول دوره ی نگهداری با نوساناتی روبه رو بود.

میزان اسیدهای چرب SFA، تک غیر اشباع (MUFA) و PUFA در ماهی بپا به ترتیب ۴۳/۹، ۴۲/۴ و ۱۴/۲٪ بود. پس از فرایند پخت نمونه ی سرخ شده دارای بیشترین میزان PUFA (۲۷٪/۲) بود در حالیکه میزان اسیدهای چرب اشباع در آن کاهش یافته بود. میزان اسیدهای چرب PUFA و MUFA در نمونه های آون گذاری شده کاهش و به دنبال آن SFA افزایش یافته بود. با گذر زمان در همه ی نمونه ها اسیدهای چرب MUFA کاهش قابل توجهی داشت و SFA افزایش داشت در حالیکه در میزان PUFA تغییر چشمگیری مشاهده نشد. بیلگین و همکاران (۲۰۱۰) پس از سرخ کردن سطحی قزل آلا در روغن های مختلف به بررسی اسیدهای چرب آن پرداختند، آن‌ها دریافتند میزان SFA ماهی در سرخ کردن با روغن زیتون کاهش و میزان MUFA و PUFA افزایش یافته است. نیکو و همکاران

(۲۰۱۰) با بررسی اسیدهای چرب فیل ماهی سرخ شده و نگهداری شده در یخچال مشاهده کردند اسیدهای چرب MUFA و PUFA طی فرایند سرخ کردن به ترتیب ۳/۱ و ۱/۳٪ نسبت به نمونه ی خام افزایش یافته است، آن‌ها در روز دوم نگهداری در یخچال به بررسی مجدد اسیدهای چرب ماهی پرداختند و دریافتند SFA به میزان ۵٪ نسبت به روز صفرازیایش و MUFA به میزان ۴/۳٪ کاهش یافته است در حالیکه میزان PUFA تغییری نکرده بود، آن‌ها در روز چهارم کاهش MUFA و افزایش SFA و PUFA را گزارش نمودند. نسبت اسیدهای چرب امگا۳/امگا۶ شاخص بسیار مهمی از نقطه نظر سلامت جامعه محسوب می‌شود (آنسورنا و همکاران ۲۰۱۰)، محققین بروز بیماری‌های قلبی را با افزایش نسبت امگا۶ به امگا۳ به عدد ۱۰ به دلیل افزایش مصرف روغن های با لینولئیک زیاد مرتبط می دانند. سازمان سلامت جهانی نسبت مصرف روزانه ی امگا۶ به امگا۳ را در رژیم‌های غذایی سالم کمتر از ۵ توصیه کرده است (نیکو و همکاران ۲۰۱۰). در این مطالعه میزان این نسبت در ماهی خام ۰/۲ به دست آمد و پس از سرخ کردن میزان آن به شدت افزایش داشت. میزان این شاخص در نمونه های سرخ شده به میزان اسید لینولئیک در روغن سرخ کردن بستگی دارد.

سرخ کردن عمقی ماهی علاوه بر افزایش میزان کل چربی ماهی، نسبت امگا۶/امگا۳ را افزایش می‌دهد و اثرات مثبت میزان بالای امگا۳ در نمونه ی خام را محدود می کند. این نسبت در نمونه های آون گذاری شده تفاوت چندانی با نمونه خام نداشت. نتایج مشابه یافته‌های گارسیا آریاز و همکاران در سال (۲۰۰۳) بود.

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب تیمارهای مختلف در طی دوره ۵ ماهه نگهداری ماهی بیاہ به صورت منجمد

اسید چرب	تیمار	خام			سرخ شده			آون گذاری شده		
		روز صفر	روز ۱۷۵ام	روز ۱۵۰ام	روز صفر	روز ۱۷۵ام	روز ۱۵۰ام	روز صفر	روز ۱۷۵ام	روز ۱۵۰ام
پالمیتیک اسید		±۰/۰۱e	±۰/۰۱b	±۰/۰۱a	±۰/۰۱i	±۰/۰۱h	±۰/۰۰g	±۰/۰۲f	±۰/۰۱c	±۰/۰۰d
		۱۱/۸۴	۱۴/۹۶	۱۵/۸۸	۴/۸۶	۵/۶۴	۵/۹۵	۱۱/۷۷	۱۳/۹۰	۱۳/۱۵
پالمیتولئیک اسید		±۰/۰۰d	±۰/۰۱h	±۰/۰۱f	±۰/۰۰g	±۰/۰۰i	±۰/۰۱e	±۰/۰۱a	±۰/۰۰b	±۰/۰۱c
		۲/۰۷	۱/۳۱	۱/۴۳	۱/۴۰	۱/۰۳	۱/۴۷	۴/۷۵	۳/۶۶	۳/۴۷
میریستیک اسید		±۰/۰۰e	±۰/۰۰b	±۰/۰۰f	±۰/۰۵h	±۰/۰۱i	±۰/۰۲g	±۰/۰۱c	±۰/۰۱d	±۰/۰۳a
		۳۲/۱۲	۳۲/۹۵	۳۰/۷۵	۲۷/۹۳	۲۷/۱۰	۲۸/۳۸	۳۲/۹۲	۳۲/۱۴	۳۳/۵۳
میریستولئیک اسید		±۰/۰۱c	±۰/۰۱a	±۰/۰۰f	±۰/۰۲i	±۰/۰۲h	±۰/۰۱g	±۰/۰۱b	±۰/۰۷d	±۰/۰۲e
		۱۹/۶۱	۲۰/۸۹	۱۸/۳۶	۵/۸۹	۶/۷۸	۶/۸۲	۱۹/۷۶	۱۹/۱۴	۱۹/۰۹
اولئیک اسید		جزئی	جزئی	±۰/۰۲c	جزئی	جزئی	جزئی	جزئی	±۰/۰۳a	±۰/۰۰b
				۱/۵۸					۲/۱۵	۱/۹۸
لینولئیک اسید		±۰/۰۰d	±۰/۰۲e	±۰/۰۰f	±۰/۰۱a	±۰/۰۰c	±۰/۰۰b	±۰/۰۰i	±۰/۰۱g	±۰/۰۱h
		۱۸/۷۳	۱۶/۴۰	۱۶/۱۲	۳۲/۱۱	۲۷/۹۳	۲۸/۱۲	۱۳/۷۶	۱۴/۴۳	۱۴/۱۷
لینولئیک اسید		±۰/۰۲d	±۰/۰۲f	±۰/۰۱g	±۰/۰۰b	±۰/۰۱a	±۰/۰۱c	±۰/۰۴i	±۰/۰۰h	±۰/۰۱e
		۲/۶۵	۱/۹۸	۱/۸۶	۲۳/۴۸	۲۳/۶۶	۲۳/۳۸	۱/۳۶	۱/۶۶	۲/۱۷
اسید ایکوزاپنتانوئیک		±۰/۰۱a	±۰/۰۴b	±۰/۰۰c	±۰/۰۳i	±۰/۰۶g	±۰/۰۱h	±۰/۰۱d	±۰/۰۱f	±۰/۰۰e
		۷/۸۸	۷/۱۱	۶/۹۲	۲/۳۷	۲/۸۷	۲/۸۰	۶/۸۴	۰.۵±۰/۰۱	۶/۳۴
اسید دوکوزا هگزانوئیک		±۰/۰۰a	±۰/۰۲c	±۰/۰۱b	±۰/۰۱g	±۰/۰۰f	±۰/۰۴i	±۰/۰۰d	±۰/۰۱e	±۰/۰۲h
		۳/۶۳	۲/۱۶	۲/۷۴	۱/۳۵	۱/۵۴	۱/۰۹	۱/۹۴	۱/۶۲	۱/۲۷
SFA		۹۶±۰/۰۱	±۰/۰۱d	۲۲±۰/۰۲	±۰/۰۰h	±۰/۰۱i	±۰/۰۱g	±۰/۰۲e	±۰/۰۰c	±۰/۰۱a
		۴۳/	۴۷/۹۱	۴۸/	۳۲/۷۹	۳۲/۷۳	۳۴/۳۲	۴۴/۹	۴۸/۱۹	۴۸/۶۶
MUFA		±۰/۰۱a	±۰/۰۰c	±۰/۰۳f	±۰/۰۱b	±۰/۰۴g	±۰/۰۲g	±۰/۰۱d	±۰/۰۲e	±۰/۰۳f
		۴۰/۴۱	۳۸/۶۰	۳۵/۹۱	۳۹/۱۱	۳۵/۷۴	۳۶/۴۱	۳۸/۲۷	۳۷/۲۳	۳۶/۷۴
PUFA		±۰/۰۲d	±۰/۰۲e	±۰/۰۱e	±۰/۰۴c	±۰/۰۱a	±۰/۰۱b	±۰/۰۰ef	±۰/۰۱g	±۰/۰۲fg
		۱۴/۱۶	۱۱/۲۵	۱۱/۵۳	۲۷/۲۱	۲۸/۰۷	۲۷/۲۷	۱۰/۱۴	۹/۳۳	۱۰/۷۸
(PUFA + MUFA)		±۰/۰۲d	±۰/۰۳f	±۰/۰۱g	±۰/۰۱a	±۰/۰۰b	±۰/۰۲c	±۰/۰۱e	±۰/۰۰gh	±۰/۰۱h
SFA		۱/۲۳	۱/۰۴	۰/۹۴	۲/۰۱	۱/۹۵	۱/۸۵	۱/۰۸	۰/۹۷	۰/۹۶
ω-6/ ω-3		±۰/۰۰e	±۰/۰۱f	±۰/۰۱g	±۰/۰۱a	±۰/۰۰c	±۰/۰۱b	±۰/۰۰h	±۰/۰۱ed	±۰/۰۱d
		۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۶/۳۶	۵/۳۶	۶/۰۱	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۲۵

جزئی: میزان کمتر از ۰/۵٪ اسید چرب می باشد، حروف غیر مشترک در هر سطر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

تأثیر روش های گرم کردن مجدد بر ترکیب و میزان اسیدهای چرب ماهی

اثر دو روش گرم کردن مجدد بر میزان اسیدهای چرب ماهی بیاہ در طول دوره ۵ ماهه در جدول ۳ آورده شده است. بین دو روش گرم کردن مجدد در میزان اسیدهای

چرب تفاوت معنی داری وجود ندارد، اگرچه در گرم کردن مجدد با آون میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع کاهش بیشتری نسبت به روش گرم کردن با میکروویو داشته است به طوری که میزان این اسید چرب در انتهای دوره ۵ ماهه با این روش گرم کردن ۱/۹٪ اندازه

گیری شد در حالیکه در روش گرم کردن با مایکروویو میزان آن ۲/۶٪ به دست آمد، البته تفاوت بین میزان اسیدهای چرب در این دو روش گرم کردن چندان چشمگیر نبود به عنوان مثال در روز پایانی تفاوت میزان EPA، اسید اولئیک، اسید میریستولئیک و اسید پالمیتولئیک به ترتیب ۰/۳، ۰/۴، ۰/۳ و ۰/۵٪ بود. میزان اسیدهای چرب PUFA در روش آون گذاری از میزان ۱۷٪/۷ در روز اول به ۱۶٪/۷ در روز پایانی کاهش

یافت در حالیکه این اسیدهای چرب در نمونه های گرم شده با مایکروویو تغییر چندانی نکرده بود. نسبت اسیدهای چرب امگا۳/امگا۶ در نمونه های گرم شده با آون و گرم شده با مایکروویو اختلاف قابل توجهی با یکدیگر نداشتند، به این ترتیب می توان نتیجه گرفت بین دو روش گرم کردن (رفع انجماد) تفاوت چندانی در اثرگذاری بر میزان و نوع اسیدهای چرب وجود ندارد.

جدول ۳- تأثیر گرم کردن مجدد بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی بیا در دوره ۵ ماهه نگهداری منجمد

اسید چرب	گرم کردن مجدد با آون			گرم کردن مجدد با مایکروویو			تیمار
	۰	۷۵	۱۵۰	۰	۷۵	۱۵۰	
اسید پالمیتیک	۹/۰۲±۰/۰۱e	۱۰/۷۰±۰/۰۰c	۱۰/۵۰±۰/۰۱d	۹/۰۲±۰/۰۱e	۱۰/۹۱±۰/۰۸b	۱۱/۱۳±۰/۰۲a	
اسید پالمیتولئیک	۳/۲۴±۰/۰۰a	۳/۰۹±۰/۰۱b	۲/۷۰±۰/۰۷c	۳/۲۴±۰/۰۲a	۲/۲۵±۰/۰۱d	۲/۲۲±۰/۰۱e	
اسید میریستیک	۳۰/۷۶±۰/۰۰c	۳۱/۳۵±۰/۰۲b	۳۱/۴۴±۰/۰۰a	۳۰/۷۷±۰/۰۱c	۳۰/۰۲±۰/۰۱e	۳۰/۳۸±۰/۰۲d	
اسید میریستولئیک	۱۴/۱۸±۰/۰۱c	۱۴/۵۱±۰/۰۰b	۱۳/۸۸±۰/۰۲d	۱۴/۱۸±۰/۰۱c	۱۴/۵۹±۰/۰۰a	۱۴/۱۹±۰/۰۱c	
اسید استئاریک	جزئی	۲/۴۳±۰/۰۱b	۲/۵۰±۰/۰۱a	جزئی	۱/۸۷±۰/۰۴c	۱/۲۰±۰/۰۰d	
اسید اولئیک	۲۲/۰۹±۰/۰۲a	۲۰/۵۱±۰/۰۴b	۱۹/۹۴±۰/۰۱d	۲۲/۰۹±۰/۰۰a	۱۹/۹۴±۰/۰۱d	۲۰/۳۴±۰/۰۱c	
اسید لینولئیک	۱۰/۴۷±۰/۰۱c	۱۰/۰۲±۰/۰۱e	۱۰/۲۴±۰/۰۳d	۱۰/۴۷±۰/۰۰c	۱۱/۰۳±۰/۰۲a	۱۰/۹۵±۰/۰۲b	
اسید ایکوزاپنتانویک	۵/۲۶±۰/۰۰a	۵/۱۷±۰/۰۲b	۴/۹۱±۰/۰۰c	۵/۲۶±۰/۰۱a	۴/۸۱±۰/۰۲d	۵/۱۷±۰/۰۱b	
اسید دوکوزا هگزانویک	۲/۰۴±۰/۰۱b	۱/۶۱±۰/۰۱e	۱/۹۳±۰/۰۱c	۲/۰۴±۰/۰۳b	۱/۷۸±۰/۰۰d	۲/۶۳±۰/۰۰a	
SFA	۳۹/۷۸±۰/۰۴e	۴۴/۴۸±۰/۰۰b	۴۴/۶۴±۰/۰۱a	۳۹/۷۹±۰/۰۱e	۴۲/۸۸±۰/۰۱c	۴۲/۵۹±۰/۰۱d	
MUFA	۳۹/۵۱±۰/۰۱a	۳۸/۰۹±۰/۰۲b	۳۵/۹۸±۰/۰۲e	۳۹/۵۱±۰/۰۵a	۳۶/۹۸±۰/۰۱c	۳۶/۷۵±۰/۰۳d	
PUFA	۱۷/۷۷±۰/۰۳b	۱۶/۸۰±۰/۰۱d	۱۶/۶۹±۰/۰۰e	۱۷/۷۷±۰/۰۱b	۱۷/۶۲±۰/۰۲c	۱۸/۷۰±۰/۰۱a	
(PUFA + MUFA)	۱/۵۰±۰/۰۱a	۱/۳۹±۰/۰۰c	۱/۲۶±۰/۰۱e	۱/۵۰±۰/۰۲a	۱/۴۱±۰/۰۳b	۱/۳۳±۰/۰۱d	
SFA	۱/۴۳±۰/۰۱d	۱/۴۸±۰/۰۱c	۱/۵۰±۰/۰۰b	۱/۴۳±۰/۰۲d	۱/۶۷±۰/۰۱a	۱/۴۰±۰/۰۲e	
ω -6/ ω -3							

جزئی: میزان کمتر از ۰/۵٪ اسید چرب می باشد، حروف غیر مشترک در هر سطر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

تأثیر عصاره رازیانه بر ترکیب و میزان اسیدهای چرب ماهی

با توجه به نتایج در جدول ۴ می توان نتیجه گرفت استفاده از عصاره اتانلی رازیانه در جلوگیری از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در طول دوره نگهداری موثر بوده است بطوریکه در انتهای دوره نگهداری میزان اسیدهای لینولئیک و دکوزاهگزانویک به

ترتیب ۱۳/۷ و ۲/۴٪ اندازه گیری شد در حالیکه مقدار آن‌ها در نمونه های فاقد عصاره به ترتیب ۱۱/۸ و ۱/۸٪ بود، همچنین اسیدهای چرب تک غیراشباع مانند اولئیک و اسید میریستولئیک در انتهای دوره نگهداری در نمونه های حاوی عصاره به ترتیب ۱/۳ و ۰/۸٪ بیش از نمونه های فاقد عصاره بود اما میزان اسید پالمیتولئیک ۱/۹٪ کمتر از نمونه فاقد عصاره به دست آمد. این در حالی

نمونه‌های فاقد عصاره اسیدهای چرب اشباع افزایش یافته است. اوزگول و همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه اسیدهای چرب ماهی شانک حاوی عصاره رزماری و فاقد عصاره در مدت ۴ ماه انبارداری انجمادی به این نتیجه رسیدند که عصاره رازیانه در ممانعت از اکسیداسیون چربی موثر است.

است که اسیدهای چرب اشباع مانند اسید میریستیک و اسید استئاریک در نمونه‌های دارای عصاره به ترتیب ۲/۱ و ۰/۲٪ کمتر از نمونه‌های بدون عصاره اندازه‌گیری شد. به طور کلی در دوره ۵ ماهه نگهداری، اسیدهای چرب MUFA در نمونه‌های دارای عصاره بیشتر از نمونه‌های فاقد آن بوده است در حالیکه در

جدول ۴- تأثیر عصاره رازیانه بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی بیاہ در طی دوره ۵ ماهه نگهداری

تیمار	دارای عصاره			بدون عصاره		
	۱۵۰	۷۵	۰	۱۵۰	۷۵	۰
اسید پالمیک	۸/۲۰±۰/۰۱ ^f	۹/۶۱±۰/۰۱ ^c	۸/۵۱±۰/۰۱ ^d	۸/۴۳±۰/۰۹ ^e	۹/۹۳±۰/۰۴ ^b	۱۰/۵۸±۰/۰۱ ^a
اسید پالمیتوئیک	۳/۷۱±۰/۰۱ ^a	۳/۲۳±۰/۰۴ ^c	۳/۰۶±۰/۰۰ ^d	۳/۴۸±۰/۰۶ ^b	۲/۹۹±۰/۰۱ ^e	۲/۳۰±۰/۰۱ ^f
اسید میریستیک	۳۱/۶۶±۰/۰۱ ^a	۳۰/۲۴±۰/۰۱ ^d	۳۱/۴۰±۰/۰۱ ^b	۲۹/۲۰±۰/۰۰ ^e	۲۹/۰۱±۰/۰۱ ^f	۳۰/۵۰±۰/۰۲ ^c
اسید میریستوئیک	۱۳/۳۲±۰/۰۱ ^b	۱۳/۳۳±۰/۰۲ ^b	۱۱/۹۶±۰/۰۲ ^e	۱/۳۳±۰/۰۱ ^d	۱۲/۶۰±۰/۰۱ ^c	۱۳/۹۵±۰/۰۱ ^a
اسید استئاریک	جزئی	۱/۴۶±۰/۰۰ ^d	۱/۸۷±۰/۰۱ ^c	جزئی	۲/۸۴±۰/۰۱ ^a	۲/۱۰±۰/۰۰ ^b
اسید اولئیک	۲۲/۱۹±۰/۰۰ ^b	۲۱/۰۴±۰/۰۱ ^e	۲۱/۸۲±۰/۰۳ ^c	۲۳/۶۸±۰/۰۲ ^a	۲۱/۳۲±۰/۰۰ ^d	۲۰/۴۸±۰/۰۳ ^f
اسید لینولئیک	۱۲/۲۳±۰/۰۰ ^d	۱۲/۲۰±۰/۰۰ ^e	۱۳/۷۱±۰/۰۱ ^a	۱۲/۶۱±۰/۰۱ ^c	۱۳/۱۲±۰/۰۳ ^b	۱۱/۸۴±۰/۰۱ ^f
اسید ایکوزاپنتانوئیک	۴/۷۳±۰/۰۰ ^b	۴/۵۸±۰/۰۱ ^c	۴/۱۴±۰/۰۱ ^f	۴/۴۹±۰/۰۰ ^d	۴/۳۳±۰/۰۰ ^e	۵/۰۰±۰/۰۰ ^a
اسید دوکوزا هگزانوئیک	۱/۵۷±۰/۰۲ ^e	۱/۷۳±۰/۰۲ ^c	۲/۴۳±۰/۰۰ ^a	۱/۷۱±۰/۰۱ ^d	۱/۴۳±۰/۰۰ ^f	۱/۷۷±۰/۰۱ ^b
SFA	۳۹/۸۵±۰/۰۱ ^e	۴۱/۳۱±۰/۰۱ ^d	۴۱/۷۸±۰/۰۲ ^b	۳۷/۶۳±۰/۰۱ ^f	۴۱/۷۸±۰/۰۲ ^b	۴۳/۱۸±۰/۰۰ ^a
MUFA	۳۹/۲۲±۰/۰۰ ^b	۳۷/۸۰±۰/۰۱ ^c	۳۶/۸۴±۰/۰۱ ^e	۳۹/۴۹±۰/۰۴ ^a	۳۶/۹۱±۰/۰۱ ^d	۳۶/۷۳±۰/۰۰ ^f
PUFA	۱۸/۵۳±۰/۰۱ ^e	۱۸/۵۱±۰/۰۰ ^f	۲۰/۲۸±۰/۰۲ ^a	۱۸/۸۲±۰/۰۱ ^c	۱۸/۸۹±۰/۰۰ ^b	۱۸/۶۵±۰/۰۱ ^d
(PUFA + MUFA)	۱/ ۴۵±۰/۰۰ ^c	۱/۳۸±۰/۰۱ ^d	۱/۳۷±۰/۰۱ ^d	۱/۵۵±۰/۰۲ ^a	۱/۴۸±۰/۰۱ ^b	۱/۳۰±۰/۰۱ ^e
SFA						
$\omega -6 / \omega -3$	۱/۹۴±۰/۰۱ ^d	۱/۹۳±۰/۰۰ ^d	۲/۰۹±۰/۰۱ ^b	۲/۰۳±۰/۰۲ ^c	۲/۷۷±۰/۰۰ ^a	۱/۷۵±۰/۰۰ ^e

جزئی: میزان کمتر از ۰/۵٪ اسید چرب می باشد، حروف غیر مشترک در هر سطر بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

نتیجه گیری کلی

تغییرات صورت گرفته در ترکیب شیمیایی ماهی پخته شده با توجه به کاهش رطوبت طی فرایند پخت قابل توجه است. در بین دو روش پخت، سرخ کردن تأثیر بیشتری بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی داشت و باعث افزایش نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ شد اما روش پخت با آن تأثیر کمتری بر پروفایل اسیدهای چرب ماهی داشت. در بین دو روش گرم کردن مجدد روش میکروویو گذاری به دلیل زمان کمتر حرارت دهی باعث تخریب کمتر اسیدهای چرب غیر اشباع شد و

به همین دلیل این روش بهتر از روش آون گذاری است. عصاره الکلی رازیانه احتمالاً به دلیل داشتن ترکیبات فنولیک و خواص آنتی اکسیدانی مانع اکسیداسیون اسیدهای چرب به ویژه اسیدهای چرب چند غیر اشباع در طی دوره نگهداری ماهی بیاہ شد. البته نیاز است در مورد استفاده از این عصاره و یا ترکیبات مشابه به منظور افزایش پایداری روغن ماهی مطالعات بیشتری انجام گیرد و همچنین خواص ارگانولپتیک فیله ماهی آغشته به عصاره گیاهی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Amira M, Hanene J, Madiha D, Imen B, Hammami M and Chaouch A, 2010. Effects of frying on the fatty acid composition in farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *International Journal of Food Science and Technology* 45, 113–123.
- Ansorena D, Guembe A, Tatianamendiz A and Astiasran I, 2010. Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. *Journal of Food Science and Technology* 75 (2), H62-H67.
- AOAC, 2005. "Official methods of Analysis, 18th edition. Association of official Analytical Chemists". Gaithersburg, Maryland (USA).
- Bligh, E G and Dyer, W J, 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37:911-917.
- Delaram M and Jafari F, 2011. The Effect of Fennel on the Pre-Menstrual Syndrome. *Knowledge and Health* 6(1), 1-6.
- Bilgin S, Izci L, Gunlu A and Bolat Y, 2010. Effects of pan frying with different oils on some of the chemical components, quality parameters and cholesterol levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology* 9(39): 6573-6577.
- Castro-gonzalez I, Rodriguez AG, Romo Z, 2015. Effect of six different cooking techniques in the nutritioal composition of two fish species previously selected as optimal for renal patiens diet. *International Journal of Food Science and Technology* 52(7), 4196-4205.
- Domiszewski ZB, 2011. Effects of different heat treatments on lipid quality of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Acta Scientiarum Polonorum of Technology and Aliment* 10(3), 359-373.
- Ersoy B, 2011. Effects of cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of European eel (*Anguilla Anguilla*), *International Journal of Food Science and Technology* 46, 522–527.
- Ersoy B and Ozeren, A, 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry* 115, 419–422.
- Faudale, M., Viladlmat, F., Bastida, J., Poli, F., Codina, C. 2008. Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Wild, Edible, and Medicinal Fennel from Different Mediterranean Countries. *Journal of agricultural and food chemistry* , 56, 1912–1920.
- Garcia-Ariasa MT, Alvarez PE, Garcia-Linaresa MC, Garcia MC and Sanchez-Munizb FJ, 2003. Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry* 83, 349–356.
- Kenar M, Ozogul F and Kuley E, 2010. Effects of rosemary and sage tea extracts on the sensory, chemical and microbiological changes of vacuum-packed and refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. *International Journal of Food Science and Technology* 45, 2366–2372.
- Kouba A, mihoubi NB, Abdelmouleh A and Bouain A, 2012. Comparsion 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.
- Larsen D, Quek SY and Eyres L, 2010. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chemistry*, 119: 785–790.
- Nikoo MR, Rahimabadi EZ and Salehifar E, 2010. Effects of Frying-Chilling-Reheating on the Lipid Content and Fatty Acid Composition of Cultured Sturgeon (*Huso huso*, *Beluga*) Fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 19:120–129.
- Ozogul Y, Ozyurt G, Boga, EK, 2009. Effects of cooking and reheating methods on the fatty acid profile of sea breamtreated with rosemary extract. *Journal of Food Science and Agricultural* 89: 1481–1489.
- Ozyurt G, Okutuk A and Polat A, 2011. Capability of the rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the oxidative stability of cooked sea bream (*Sparus aurata*) during frozen storage. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 6, 167–174.
- Saldanha T and Bragagnolo N, 2008. Relation between types of packaging, frozen storage and grilling on cholesterol and fatty acids oxidation in Atlantic hake fillets (*Merluccius hubbsi*). *Food Chemistry* 106, 619–627.

- Tanimoto Sh, kitabayashi K, Fukushima Ch, Sugiyama S and Hashimoto T, 2015. Effect of storage period befor reheating on the volatile compound composition and lipid oxidation of steamed meat of yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Food Science and Technology, 12562-015-0921-4.
- Weber J, Bochi, VC, Ribeiro CP, Victorio AM and Emanuelli T, 2008. Effect of different cooking methods on the oxidation. proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. Food Chemistry, 106, 140–146.

Effect of different cooking methods on fatty acid composition of Abu mullet (*Liza subviridis*) oil treated with fennel alcoholic extract

A Ramezani¹, S A H Goli^{2*}, M Kadivar³ and M R Sabzalian⁴

Received: July 13, 2014

Accepted: February 28, 2016

¹MSc Student, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

³Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran

⁴Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*Corresponding author: Email: amirgoli@cc.iut.ac.ir

Abstract

Today, fish consumption, to provide nutrients and also maintain human health, is increasing worldwide. In this work, green back mullet fish was firstly divided into three groups: the first group was kept as raw sample and other two groups were cooked by two methods of frying and oven baking (with and without fennel extract) and then transferred to the freezer (-18°C), stored for 5 months. In defined intervals, the samples were defrosted using oven and microwave methods. In different processing methods, physiochemical characteristics and fatty acids profile of treated and raw fish were analyzed. The results revealed that oven-baked sample had the lowest moisture (51.97%) and highest protein (39.69%) over cooking. The fried sample due to oil absorption during frying had the highest fat content (8.6%). The most amounts of fatty acids in green back mullet were related to myristic, oleic and myristoleic acids. The omega-6 to omega-3 ratio in the oven baking did not differ with raw sample while this ratio in fried samples due to frying oil absorption increased. The content of EPA and DHA was reduced from 7.9 and 3.6% to 2.4 and 1.3%, respectively. Between reheating methods, there was no significant difference in fatty acids profile. In samples treated with fennel extract, the least changes in content of polyunsaturated fatty acids were observed during 5-month storage.

Keywords: Fish, Cooking, Fatty acids, Frynig, Fennel extract