علوم و فنون شیلات

فصلنامه علمی ـ پژوهشی دورهٔ ٤، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٤، صفحه ١٢١- ١٣٣

بررسی ترکیب شیمیایی و محتوای اسیدهای چرب فیله کپور نقره‌ای (*Hypophthalmicththys molitrix*) پس از سرخ‌کردن سریع، نگه‌داری به‌صورت منجمد و سرخ‌کردن نهایی

خدیجه نورزائی[١] ، اسحق زکی پور رحیم آبادی[٢و٣*]، ابراهیم علیزاده دوغیکلائی[٤]

١- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

٢-دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

٣-دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

٤- دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

دریافت : ١٣٩٣/٠٩/١٠ پذیرش : ١٣٩٤/٠٨/١٦

*نویسنده مسئول : e_zakipour@yahoo.com

چکیده:

تغییر در ترکیب اسید چرب فیله کپورنقره‌ای با روکش خوراکی و بدون روکش پس از سرخ‌کردن سریع، نگه‌داری به‌صورت منجمد و سرخ‌کردن نهایی بررسی شد. فیله‌ها پس از فرایندسرخ‌کردن سریع به‌مدت ٣٠ ثانیه، سرد و بسته‌بندی شده و پس از انجماد به‌مدت سه ماه در فریزر نگه‌داری شده و سپس مجدد تحت تیمار سرخ‌کردن نهایی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سرخ‌کردن سریع و نهایی باعث افزایش میزان چربی کل آنها شده، به‌طوری‌که محتوای چربی نمونه‌های خام در روز صفر (٥/٠٧ درصد) به‌ترتیب به ١/٩٧ ± ٩/٥٢ و ٢/٨٠ ± ٧/٥٤ درصد پس از سرخ‌کردن سریع و به ٠/٧٠ ± ٩/٣٣ و ٠/٢٤ ± ٩/٣٩ درصد پس از سرخ‌کردن نهایی در نمونه‌های بدون روکش و با روکش تغییر یافت. محتوای رطوبت نمونه‌ها پس از سرخ‌کردن کاهش و بعد از نگهداری به مدت ٣ ماه در فریزر افزایش نشان داد ($p<0/05$). تعداد ٢٦ نوع اسید چرب از انواع اشباع وغیراشباع در نمونه‌ها شناسایی گردید. نسبت اسیدهای چرب امگا-٣ به امگا-٦ در نمونه‌های شاهد ٣/٣٧ بود. این نسبت در تیمار بدون روکش و روکش‌دار پس از سرخ‌کردن سریع به‌ترتیب ٠/٨٢ و ٠/٦٥ بود و در روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن نهایی به ٠/٦٦ و ٠/٢٨کاهش یافت. شاخص‌های آتروجنیک (**AI**) و ترومبوجنیک (**TI**) در

روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی به‌ترتیب در تیمار بدون روکش و تیمار روکش‌دار، ۰/۶۰، ۰/۵۳ و ۰/۵۷، ۰/۶۹ بود.

کلید واژگان: فیله ماهی، روکش خوراکی، پروفایل اسید چرب، سرخ‌کردن سریع، نگهداری به‌صورت منجمد.

مقدمه

افزایش بی‌وقفه جمعیت جهانی، نیاز روزافزون به تولید و نگهداری مواد غذایی را به‌دنبال داشته و موجبات رشد و توسعه فناوری فراورده‌های غذایی به‌ویژه محصولات شیلاتی را فراهم کرده است. علاوه بر موضوع تهیه غذا، فراهم آوردن غذای سالم نیز باید مدنظر باشد. امروزه ماهی از جمله مواد غذایی شناخته شده‌ای است که اثرهای پیشگیری و درمان آن بر بیماری‌ها مختلف مورد تأیید دانشمندان قرار گرفته است و متخصصان علوم تغذیه نسبت به تأمین و قرار دادن آن در سبد غذایی خانوار توصیه می‌کنند (Moradi and Safi Yari, 2005). ماهیان حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات مغذی، ویتامین‌های محلول در چربی (اساساً A و D)، املاح معدنی نظیر I، Fe، Ca، Cu، Zn و به‌ویژه اسیدهای چرب چند غیراشباع بلندزنجیره می‌باشند (Perez-Alonso et al., 2003). چربی ماهیان منبع مهمی از اسیدهای چرب ضروری به‌ویژه اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیراشباعی از خانواده امگا-۳ (EPA[1] and DHA[2]) را فراهم می‌کنند (Haliloglu et al., 2004). از جمله اثرهای مثبت اسیدهای چرب ضروری خانواده امگا-۳ می‌توان به کاهش فشار خون (Tükkan et al., 2008; Gladyshev et al., 2006)، کمک به بهبود شرایط افراد دیابتی، علاج بیماری قلبی- عروقی[3] و انواع سرطان‌ها، تنگی نفس و جلوگیری از مرگ در اثر حمله قلبی (Köse et al., 2001) اشاره کرد. محتوای چربی ماهی و پروفایل اسید چرب آن تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله عمل‌آوری قرار دارد (Aubourg et al., 2002). اگرچه در بعضی از مناطق دنیا ماهی به‌صورت خام هم خورده می‌شود ولی روش مرسوم، طبخ ماهی و مصرف آن است. از حرارت برای پختن غذا، افزایش طعم و مزه، غیر فعال کردن میکروارگانیسم های بیماری‌زا و افزایش زمان نگهداری محصول استفاده می‌کنند (Bongar, 1998). در زمان نگهداری محصول منجمد، هیدرولیز و اکسیداسیون چربی ماهی اتفاق می‌افتد که بر ماندگاری و پذیرش آن برای مصرف مؤثر است (Aubourg et al., 2002). در فرایند پخت ماهی، واکنش‌ها و تغییرات فیزیکوشیمیایی رخ می‌دهد، که نوع و میزان آن بستگی به شیوه پخت و محتوای چربی فیله خام دارد (García-Arias et al., 2003; Gall et al., 1983). برخی از تغییرات در خلال عمل‌آوری و آماده‌سازی غذاهای پخته شده به‌سبب اکسیداسیون چربی است، که باعث تغییراتی در کیفیت ماده غذایی می‌گردد (Shahidi., 1997; Jittrepotch et al., 2006). چربی نقش کلیدی در ایجاد طعم غذا در خلال عمل‌آوری از طریق هیدرولیز و اکسیداسیون دارد که این نقش نیز به میزان زیادی به ترکیب اسید چرب نمونه بستگی دارد (Gandemer, 2002). عوامل زیادی مانند کیفیت روغن، دما و مدت زمان سرخ‌کردن، ترکیب ماده غذایی (برای مثال

1. Eicosapentaenoic acid
2. Docosahexaenoic acid
3. Cardiovascular

محتوای رطوبت و مواد جامد آن، تخلخل)، سطح و شکل ماده غذایی، تیمارهای پیش از سرخ کردن (مانند خشک‌کردن و آنزیم‌بری)، پوشش‌دهی ماده غذایی و اندازه ماده غذایی را در جذب روغن در ماده غذایی هنگام سرخ کردن عمیق مؤثر دانسته‌اند (Pinthus et al., 1995). برای تهیه غذا در مقیاس وسیع یا برای مکان‌هایی که امکان طبخ عادی غذا وجود ندارد از شیوه‌های مختلف تهیه غذای آماده نظیر شیوه پخت، انجماد و گرم کردن مجدد (CFR[4]) استفاده می‌گردد. شیوه CFR، یک سیستم جایگزین برای آماده‌سازی غذا است که در فرایند تولید آن، ابتدا غذا با استفاده از شیوه سرخ‌کردن سریع (یا سایر روش‌های جایگزین) آماده و منجمد شده و کمی پیش از مصرف مجدد با استفاده از شیوه‌های مختلف (نظیر سرخ‌کردن نهایی) گرم می‌شود (Skjöldebrand et al., 1984). García-Arias و همکاران در سال ۲۰۰۳ به بررسی اثر (CFR) بر ترکیبات اسید چرب فیله‌های ساردین با استفاده از سه روش متفاوت پخت (سرخ‌کردن، پخت در اجاق و کباب‌کردن) و نگهداری به‌صورت منجمد در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ماه و سپس استفاده از دو سیستم گرم‌کردن مجدد (سنتی و مایکروویو) پرداختند و دریافتند که سرخ‌کردن عمیق به‌طور معناداری ترکیب اسیدهای چرب فیله‌های ماهی ساردین را تغییر داد. Gladyshev و همکاران در سال ۲۰۰٦، تأثیر روش‌های مختلف پخت را روی اسیدهای چرب غیراشباع ضروری در بافت ماهیچه‌ای آزاد ماهی هامپ‌بک (*Oncorhynchus gorbuscha*) مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در تمامی روش‌های حرارتی به‌کار گرفته شده کاهشی در محتوای EPA و DHA فیله آزاد ماهی هامپ‌بک مشاهده نگردید، اما روش سرخ‌کردن کاهش ناچیزی را در محتوای اسیدهای چرب نشان داد. Bakar و همکاران (2008)، ویژگی‌های چربی فیله ماهی قباد (*Scomberomorous guttatus*) اقیانوس هند را که با چهار روش مختلف پخت (کباب‌کردن، بخارپزکردن، سرخ‌کردن سطحی و مایکروویو)، پخته و طی دو روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود را پس از گرم‌کردن دوباره بررسی کردند. در روش سرخ‌کردن نسبت به سایر روش‌های پخت، نسبت PUFA/SFA تغییر بیشتری داشته و محتوای EPA در نمونه‌های سرخ شده و همچنین محتوای DHA در تمامی نمونه‌های پخته‌شده کاهش معناداری نشان داد ($p<۰/۰۵$). نسبت n-6/n-3 در تمامی تیمارهای پخته و دوباره گرم شده، به‌جز نمونه سرخ‌شده تغییر یافت که قابل توجه نبود.

با وجود تحقیقات زیاد دربارهٔ تأثیرات سرخ‌کردن و نگهداری محصول سرخ‌شده در فریزر یا یخچال در برخی زمینه‌ها به‌ویژه تأثیر نگهداری بر پروفایل اسیدچرب محصول سرخ‌شده پیش از سرخ‌کردن نهایی، اطلاعات ناقص است. بنابراین در این تحقیق علاوه بر بررسی تأثیر روکش در جذب روغن و تغییرات پروفایل اسیدچرب به بررسی روند تغییرات در جریان تولید محصولات شیلاتی آماده مصرف، به‌ویژه در انتهای دوره نگهداری در فریزر و پس از سرخ‌کردن نهایی پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و تیمارها

۱۰ قطعه ماهی تازه کپور نقره‌ای (*H. molitrix*) با وزن متوسط ۱/۵ کیلوگرم از بازار ماهی‌فروشان شهرستان زابل خریداری و در جعبه‌های حاوی یخ به آزمایشگاه

4. Cooking–freezing–reheat

فـراوری محصـولات شـیلاتی دانشـکده منـابع طبیعـی دانشگاه زابل منتقل گردید. پس از شستشو با آب شـیر، تخلیه شکمی، جداکردن پوست و سر به‌صورت دستی و شستشوی مجدد با آب شیر، فیله‌های ١٠٠ گرمـی تهیـه شدند. فیله‌های بدون‌روکش و روکـش‌دار تهیـه شـدند. فیله‌ها با لعاب حاصـل از آرد گنـدم (٣٠ درصـد)، آرد ذرت (١٠ درصد) و آب سـرد (٤ درجـه سـانتی‌گـراد) لعاب‌زنی و بـا اسـتفاده از پـودر سـوخاری روکـش‌دار شدند. نمونه‌ها پس از فرایند سرخ‌کـردن سـریع (flash fry) (Moreira et al., 1997) به‌مدت ٣٠ ثانیه در روغن سرخ‌کردنی کیمبال (شرکت آرین پخش پیشرو، ایران) با دمای ١٨٠ درجه سانتی‌گراد، سرد شدن و جذب روغـن اضافی (با قرار دادن فیله‌ها روی توری استیل در دمـای اتـاق)، در پاکـت‌هـای پلاسـتیکی معمـولی زیـپ‌دار بسته‌بندی و در فریزر با دمای ١٨- درجـه سـانتی‌گـراد به‌مدت ٩٠ روز (سه ماه) به‌صـورت منجمـد نگهـداری شدند. در انتهای دوره، فیله‌های منجمد پس از خروج از فریزر و قرار گرفتن در یخچال به‌مـدت ٢٤ سـاعت (٤ درجه سانتی‌گراد) به‌صورت عمیق در روغن سرخ‌کردنی کیمبال با دمای ١٨٠ درجه سانتی‌گـراد بـه مـدت ٦- ٥ دقیقه در سرخ‌کـن (Aaura, Tefal, Iran) سـرخ شـدند (Moreira et al., 1997). نمونـه‌هـای بـدون‌روکـش و روکش‌دار پیش از سـرخ‌کـردن (نمونـه خـام)، پـس از سرخ‌کردن سـریع، در انتهـای دوره نگهـداری (پـس از انجمـادزدایی) و پـس از سـرخ‌کـردن نهـایی مـورد آزمـایش‌هـای شـیمیایی (پـروتئین، چربـی، رطوبـت و خاکسـتر) قـرار گرفتـه و پروفایـل اسـید چـرب فیلـه تعیین شد.

آزمایش‌های شیمیایی

بررسی ترکیب شیمیایی پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر از روش AOAC (2005) صورت پذیرفت.

استخراج و آنالیز اسید چرب

برای استخراج چربی به‌منظـور بررسـی پروفایـل اسـید چرب از حلال‌های کلروفرم و متانول از روش Bakar و همکاران (2008) و بـرای متیـل اسـتر کـردن اسـیدهای چـرب از روش Metcalf و همکـاران (1966) اسـتفاده شد. در این روش، پس از اضافه کـردن سـود متـانولی، استاندارد داخلی و هگزان به لوله آزمایش حاوی نمونه روغن، لوله آزمایش بـه‌مـدت ١٠ دقیقـه در حمـام آب جوش قرار می‌گیرد. سپس محلـول بـور تـری فلوریـد متانولی به آن اضافه شده و مجدد در حمام آب جـوش قرار گرفته و پس از خنک شدن هگـزان و نمـک طعـام اشباع به آن اضافه شده و بـه‌شـدت تکـان داده شـده و سپس بدون حرکت گذاشته شده تا محلـول بـه دو فـاز تقسیم شود. از فاز بالایی برای تزریق بـه دسـتگاه گـاز کروماتوگراف استفاده می‌گردد.

بررسی پروفایل اسید چرب با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف (Unicam-4600) انجام شـد. بـرای ایـن منظـور از سـتون نـوع (30m×0.25 mm, Film tekness BPX7) استفاده گردید. دمای قسمت تزریق نمونه ٢٥٠ درجه سانتی‌گراد و دمای دتکتور ٢٨٠ درجه سانتی‌گراد بود. برنامه دمایی آون دستگاه به قرار زیـر بـوده اسـت: دمای اولیه ١٦٠ درجه برای مدت ٦ دقیقه، افزایش دمـا به ١٨٠ درجه با نرخ ٢٠ درجـه در دقیقـه و حفـظ دمـا به‌مدت ٩ دقیقه و سپس افزایش مجدد دما به ٢٠٠ درجه با نرخ ٢٠ درجه در دقیقه و حفـظ دمـا بـرای مـدت ٥ دقیقه. از گاز هلیم به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. مقدار ٠/١ میکرولیتر نمونه به دسـتگاه تزریـق گردیـد. بـرای شناسایی اسیدهای چرب از زمان نگهـداری، اسـیدهای

چرب استاندارد شناخته شده استفاده گردید. نرخ اسپلیت ۱۰ به ۱ بود. در بررسی پروفایل اسید چرب ماهیان، علاوه بر شاخص‌های معمول نظیر محتوای اسیدهای چرب اشباع، غیراشباع و نسبت‌های آنها، شاخص‌های C22:6/C16:0، ∑PUFA/∑SFA، آتروجنیک[5] و ترمبوجنیک[6] (Garaffo et al., 2011) بررسی گردید.

AI= (4 x C14:0) + C16:0 + C18:0 / Σ MUFA + Σ n-6 PUFA + Σ n-3 PUFA

TI= C14:0 + C16:0 + C18:0 / (0.5 x MUFA) + (0.5 x n-6 PUFA) + (3x n-3 PUFA) + (n-3 PUFA / n-6 PUFA)

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Minitab، نسخه ۱۳ انجام شد. به‌منظور بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار بین تیمارها و مقایسه میانگین‌ها از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) و آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

آزمایش‌های شیمیایی

تأثیر تیمارهای بدون روکش و روکش‌دار بر ترکیب شیمیایی فیله کپور نقره‌ای

نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای بدون روکش و روکش‌دار بر ترکیب شیمیایی فیله ماهی کپور نقره‌ای در جدول ۱ آورده شده است.

5. Atherogenic index
6. Thrombogenic index

جدول ١ ترکیب شیمیایی تیمارهای شاهد، بدون روکش و روکش‌دار شده فیله ماهی کپور نقره‌ای

تیمار / ترکیبات شیمیایی(درصد)	شاهد	بدون روکش خوراکی			با روکش خوراکی		
		روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع	روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن نهایی	روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن نهایی	روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع	روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن نهایی	روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن نهایی
پروتئین	١٨/٤٢ ± ٥/٠٥ ^{B}	١٨/٩٦±٣/٠٣^{Ba}	١٥/٧٥±٠/٧٨^{b}	١٦/٥٤±٠/١٤^{b}	٢٨/٥١±٠/٤١^{Aa}	١٧/٧٣ ±٠/٠٧^{b}	١٨/٥٠±١/٣٣^{b}
چربی	٥/٠٧ ± ٣/٣٦ ^{A}	٩/٥٢±١/٩٧^{Aa}	٧/٨٨±٠/٠٤^{b}	٩/٣٣±٠/٧٠^{a}	٧/٥٤±٢/٨٠^{Ac}	٩/٠٤±٠/٠٥^{b}	٩/٣٩±٠/٢٤^{a}
رطوبت	٧٣/٣٢ ± ١/٩٦ ^{A}	٦٧/٦٧ ±١/٢٠ ^{Bc}	٧٢/٩٣±٠/٠٦^{a}	٧٠/٧٨±٠/٠١^{b}	٦٠/٩٢ ± ١/٢٠ ^{Cc}	٧٠/١٤ ±٠/٠٦^{a}	٦٨/٥٣ ±٠/٥١^{b}
خاکستر	٢/٦٥ ± ٠/٥٨ ^{A}	٣/٨٥ ± ٠/٥٨ ^{Aa}	٣/٤٤±٠/١٤^{a}	٣/٣٥±٠/٥٨^{a}	٣/٠٣ ± ٠/٥٥ ^{Aab}	٣/١٠±٠/٠١^{b}	٣/٥٨±٠/١٨^{a}

مقادیر بیانگین میانگین ± انحراف معیار است. حروف متفاوت کوچک (a, b, c, ...) در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار بین نمونه‌های هر تیمار (باروکش یا بدون روکش) در روزهای مختلف و حروف بزرگ (A, B, C, ...) نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار بین تیمارهای مختلف (p<٠/٠٥) در روز صفر است.

محتوای رطوبت شاهد نسبت به نمونه‌های سرخ شده بیشتر بوده است، به‌طوری‌که محتوای رطوبت در نمونه شاهد، بدون روکش و با روکش خوراکی در روزهای صفر، روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن و روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن به‌ترتیب ٧٣/٣٥، ٦٧/٦٧، ٧٢/٩٣، ٧٠/٧٨، ٦٠/٩٢، ٧٠/١٤ و ٦٨/٥٣ درصد است. در نمونه‌های با روکش خوراکی در روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع کمترین محتوای رطوبت مشاهده گردید. همچنین کاهش رطوبت در نمونه‌های با روکش خوراکی در سطح ٥ درصد معنادارتر است. نتایج مشابه‌ای از سوی Waters (1988) و García-Arias و همکاران (2003) ارائه شده است. در تیمارها در روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن نهایی رطوبت به‌طور معناداری (p<٠/٠٥) افزایش یافت که می‌توان گفت در خلال نگهداری به‌صورت منجمد میزان رطوبت افزایش می‌یابد. هنگام سرخ‌کردن مجدد در نمونه‌های بدون روکش، کاهش رطوبت محسوس‌تری مشاهده گردید. در زمان سرخ‌کردن، پس از آنکه بخشی از رطوبت به‌وسیله تبخیر از دست رفت، روغن به درون ماهی نفوذ می‌کند که این جابه‌جایی در ماهیان پرچرب بسیار کمتر از ماهیان کم‌چرب است (García-Arias et al., 2003). در نمونه بدون روکش خوراکی در روز صفر مقدار چربی افزایش معناداری (p<٠/٠٥) از خود نشان داد. افزایش چربی می‌تواند به‌دلیل تبخیر رطوبت در حین سرخ‌کردن و در نتیجه جذب روغن در فیله باشد (Saguy and Dana, 2003). با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد که در روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع، تیمار با روکش خوراکی چربی کمتری نسبت به تیمار بدون روکش خوراکی جذب کرده است (p>٠/٠٥) که می‌تواند به‌دلیل محافظت روکش خوراکی از فیله در برابر تبخیر رطوبت و در نتیجه کاهش جذب روغن در این تیمار باشد. نتایج حاضر مشابه با نتایج Candela و همکاران (1998) است. روند تغییرات محتوای پروتئین در دو نمونه بدون‌روکش و باروکش متفاوت بوده است.پروتئین موجود در آرد گندم و آرد ذرت روکش خوراکی می‌تواند دلیل این اختلاف باشد. در تیمارها در روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن عمیق کاهش قابل توجه‌ای در میزان پروتئین مشاهده شد که در تیمار بدون روکش، پروتئین از ١٨/٩٦ درصد در روز صفر، به ١٥/٧٥ درصد در روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن عمیق رسیده و در نمونه با

روکش، از ٢٨/٥١ درصد در روز صفر، به ١٧/٧٣ در روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن عمیق رسید که این کاهش قابل توجه است. Mills (1975) بیان کرد دلیل کاهش پروتئین می‌تواند، دناتوره شدن پروتئین در طی دوره نگهداری به‌صورت منجمد باشد. Asgharzadeh و همکاران (2010) نیز در بررسی پروتئین گوشت چرخ‌شده کپور نقره‌ای مشاهده کردند که میزان پروتئین به‌طورکلی در طی شش ماه نگهداری به‌صورت منجمد در دمای ١٨- درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد.

ترکیب اسیدچرب در فیله‌های بدون روکش و روکش‌دار کپور نقره‌ای پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی

٢٦ نوع اسیدهای چرب متفاوت از گروه‌های: اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه(MUFA) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) در تیمارهای بدون روکش و با روکش در روز صفر، روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن نهایی و روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن نهایی شناسایی شدند. این اسیدهای چرب جزء اسیدهای چرب دارای زنجیره کربنی متوسط و طویل بین ١٤ تا ٢٢ کربن می‌باشند. جدول ٢ ترکیب اسیدهای چرب استخراج شده از نمونه‌های سرخ شده (بدون روکش و با روکش) و نگهداری شده به‌صورت منجمد ماهی کپور نقره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ٢ ترکیب اسیدچرب (گرم در ١٠٠ گرم اسیدچرب) در تیمارهای مختلف (شاهد، بدون روکش و روکش‌دار)

تیمار / اسیدچرب	بدون روکش خوراکی				روکش خوراکی			
	شاهد	روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع	روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن عمیق	روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن عمیق	روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع	روز ٩٠ پیش از سرخ‌کردن عمیق	روز ٩٠ پس از سرخ‌کردن عمیق
C10:0	ND	ND	ND	ND	٠/٠٣ ± ٠/٠٠ Aa	ND	ND
C12:0	٠/١٣ ± ٠/٠٢ A	٠/١١ ± ٠/٠٤ Ab	٠/١٣ ± ٠/٠٢ ab	٠/١٧ ± ٠/٠١ a	٠/١٢ ± ٠/٠١ Ab	٠/١٢ ± ٠/٠١ b	٠/٣٣ ± ٠/١٥ a
C14:0	٤/١٩ ± ٠/٠٣ A	٢/٤٢ ± ٠/٠٣ Ca	١/٢٣ ± ٠/٠٢ c	٢/٠٥ ± ٠/٠٢ b	٢/٥٣ ± ٠/٠٣ Ba	١/٥٢ ± ٠/٠٢ b	١/٤٦ ± ٠/٠١ c
C15:0	ND	ND	٠/٢٥ ± ٠/٠١ a	٠/٢٣ ± ٠/٠٢ a	ND	٠/١٧ ± ٠/٠١ a	٠/١٥ ± ٠/٠٢ a
C15:1	ND	ND	٠/١١ ± ٠/٠١ a	٠/١١ ± ٠/٠١ a	ND	٠/٠٦ ± ٠/٠١ a	٠/٠٤ ± ٠/٠١ a
C16:0	١٩/١٢ ± ٠/٠١ C	٢٠/١٦ ± ٠/٠١ Bc	٢٤/١٧ ± ٠/٠١ b	٢٥/١٠ ± ٠/٠١ a	٢١/٤٢ ± ٠/٠٢ Ab	٢١/١٣ ± ٠/٠٢ c	٢٦/٦٣ ± ٠/٠١ a
ادامهٔ جدول							
C16:1	٨/٣٦ ± ٠/٠٤ A	٥/٢٤ ± ٠/٠٤ Ba	٥/٢٣ ± ٠/٠١ a	٢/٩٩ ± ٠/٠٠ b	٥/٢١ ± ٠ /٠٢ Ba	٢/٠٤ ± ٠/٠١ b	١/٤٨ ± ٠/٠٢ c
C17:0	٠/٨٠ ± ٠/٠١ A	٠/٤٤ ± ٠/٠٢ Bb	٠/٤٨ ± ٠/٠٠ a	٠/٣٩ ± ٠/٠١ c	٠/٤١ ± ٠/٠٣ Ba	٠/٢٩ ± ٠/٠٠ b	٠/٢٤ ± ٠/٠٣ c
C17:1	٠/٤٥ ± ٠/٠٣ A	٠/٣٢ ± ٠/٠٢ Bb	٠/٣٩ ± ٠/٠٢ a	٠/٢٩ ± ٠/٠١ b	٠/٣١ ± ٠/٠٢ Ba	٠/٢٢ ± ٠/٠٢ b	٠/١٣ ± ٠/٠١ c
C18:0	٣/٤٥ ± ٠/٠٤ B	٣/٦٢ ± ٠/٠٣ Ac	٤/٣٥ ± ٠/٠٠ b	٤/٣٨ ± ٠/٠١ a	٣/٥٠ ± ٠/٠٣ Bc	٤/٢٨ ± ٠/٠١ a	٤/١٧ ± ٠/٠٢ b
C18:1 t	٠/٤٢ ± ٠/٠٢ A	٠/٣١ ± ٠/٠٣ B	ND	ND	٠/٢٣ ± ٠/٠١ C	ND	ND
C18:1 c (cis)	٢٠/٠٢ ± ٠/٠٢ C	٢٦/٨٩ ± ٠/٠١ Bc	٣١/٥٣ ± ٠/٠١ b	٣٣/٢٤ ± ٠/٠٢ a	٢٧/٢٢ ± ٠/٠٢ Ac	٢٩/٨٧ ± ٠/٠٢ b	٣٦/٦٥ ± ٠/٠١ a
C18:2 t (n-9)	٠/٢١ ± ٠/٠٢ B	٠/٢٢ ± ٠/٠٢ Ba	٠/٠٩ ± ٠/٠٠ b	٠/٠٥ ± ٠/٠١ c	٠/٣٣ ± ٠/٠١ Aa	٠/٠٣ ± ٠/٠١ c	٠/٠٨ ± ٠/٠٢ b
C18:2c (n-6)	٣/٩١ ± ٠/٠٣ C	١٧/٤٠ ± ٠/٠٣ Ba	١٦/٩٥ ± ٠/٠١ b	١٥/٤٥ ± ٠/٠٢ c	١٨/٤٣ ± ٠/٠٣ Ac	٢٦/٨٥ ± ٠/٠٢ a	١٩/٥٠ ± ٠/٠٢ b
C18:4 n-3	٢/٠٦ ± ٠/٠١ A	١/٥١ ± ٠/٠٢ B	ND	ND	١/٢٥ ± ٠/٠١ C	ND	ND

C20:0	۰/۲۱ ±۰/۰۳ ^{B}	۰/۳۵ ± ۰/۰۳^{Ac}	۰/۹۱ ± ۰/۰۱^{b}	۱/۳۵ ± ۰/۰۱ ^{a}	۰/۳٤ ± ۰/۰۳^{Ac}	۱/۰۲ ± ۰/۰٦^{a}	۰/۷٤ ± ۰/۰۳^{b}
C18:3 (n-3)	۳/۰۳ ±۰/۰۱ ^{A}	۱/۹۷ ± ۰/۰۲^{Ca}	۱/۵٤ ± ۰/۰۰^{c}	۱/۸٦ ± ۰/۰۱ ^{b}	۲/۰۳ ± ۰/۰۱^{Ba}	۱/۸۲ ± ۰/۰۱^{b}	۱/۳٦ ± ۰/۰۲ ^{c}
C20:1	۰/۸۱ ±۰/۰۱ ^{A}	۰/۵۹ ± ۰/۰۲^{Ba}	۰/٤۸ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۰۹ ± ۰/۰۰ ^{c}	۰/۵۸ ± ۰/۰۲^{Ba}	۰/۰۸ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۰۳ ± ۰/۰۱ ^{c}
C22:0	۰/۱۳ ±۰/۰۱ ^{B}	۰/۷۲ ± ۰/۰۱^{Aa}	۰/۷۲ ± ۰/۰۱ ^{a}	۰/٦٦ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۱۳ ± ۰/۰۳^{Bc}	۰/۳٦ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۲٤ ± ۰/۰۱ ^{b}
C20:4 (n-6)	۲/۸۲ ±۰/۰۱ ^{A}	۱/٤۹ ± ۰/۰۱^{B}	ND	ND	۱/۱۷ ± ۰/۰۲^{Ca}	۰/۹۲ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۵٤ ± ۰/۰۳ ^{c}
C20:4 n-3	۱/٦۲ ±۰/۰۳ ^{A}	۰/۹۹ ± ۰/۰۲^{B}	ND	ND	۰/۷۹ ± ۰/۰۱^{C}	ND	ND
C20:5 (n-3)	۷/۲۲ ±۰/۰۲ ^{A}	۳/۹٦ ± ۰/۰۲^{Ba}	۲/۷۷ ± ۰/۰۱ ^{c}	۲/۷۹ ± ۰/۰۱ ^{b}	۳/۲۵ ± ۰/۰٤^{Ca}	۲/۳۰ ± ۰/۰۱^{b}	۱/٤۷ ± ۰/۰۲ ^{c}
C24:0	ND	۰/۱۲ ± ۰/۰۱^{Bb}	۰/۱۱ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰//۲۲ ± ۰/۰۰ ^{a}	۱/۱۳ ± ۰/۰۱^{Aa}	۰/۲۱ ± ۰/۰۲^{b}	ND
C22:5 (n-6)	۱/۵۲ ±۰/۰۲ ^{A}	۰/۷٦ ± ۰/۰۳^{Ba}	۰/۰۳ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/۰۵ ± ۰/۰۱ ^{b}	۰/٦۳ ± ۰/۰۱^{Ca}	۰/۰٤ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۰۳ ± ۰/۰۲ ^{b}
C22:5 (n-3)	۱/۳۱ ±۰/۰٤ ^{A}	۰/۸٦ ± ۰/۰٤^{Ba}	۰/٦۲ ± ۰/۰٤ ^{b}	۰/٤٦ ± ۰/۱۵ ^{c}	۰/٦۱ ± ۰/۰٤^{Ca}	۰/۵۳ ± ۰/۱۵^{a}	۰/۲۰ ± ۰/۱۰ ^{c}
C22:6 (n-3)	۱۲/٦٤±۰/۰٤ ^{A}	٦/۸۳ ± ۰/۰۲^{Ba}	۵/۰۱ ± ۰/۰۰ ^{c}	۵/۳۳ ± ۰/۰۲ ^{b}	۵/۳۰ ± ۰/۰۲^{Ca}	۲/۲۹ ± ۰/۰۲ ^{c}	۲/۷٦ ± ۰/۱۵ ^{b}
Others	۵/۵۷ ±۰/۰۲ ^{A}	۲/۷۲ ± ۰/۰۲^{Cb}	۲/۹۰ ± ۰/۰۱ ^{a}	۲/۵٦ ± ۰/۰۳ ^{c}	۳/۰۵ ± ۰/۰۲^{Bb}	۳/۸۵ ± ۰/۰۱ ^{a}	۱/۷۷ ± ۰/۰۱ c

مقادیر بیانگر میانگین ± انحراف معیار است. حروف متفاوت کوچک (a, b, c, ...) در هر ردیف نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنادار بین نمونه‌های هر تیمار (باروکش یا بدون روکش) در روزهای مختلف و حروف بزرگ (A, B, C, ...) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنادار بین تیمارهای مختلف (p<۰/۰۵) در روز صفر است.

جدول ۳ مجموع و نسبت اسیدهای چرب شناسایی شده در تیمارهای مختلف

اسید چرب / تیمار	بدون روکش خوراکی				با روکش خوراکی		
	نمونه شاهد	روز صفر	روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن عمیق	روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن عمیق	روز صفر	روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن عمیق	روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن عمیق
ΣSFA	۲۸/۰۳	۲۷/۹٤	۳۲/۳۵	۳٤/۵۵	۲۹/٦۱	۲۹/۱۰	۳۳/۹٦
ΣMUFA	۳۰/۰٦	۳۳/۳۵	۳۷/۷٤	۳٦/۷۲	۳۳/۵۵	۳۲/۲۷	۳۸/۳۳
ΣPUFA	۳٦/۳٤	۳۵/۹۹	۲۷/۰۱	۲٦/۱۷	۳۳/۷۹	۳٤/۷۸	۲۵/۹٤
SFA/PUFA	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۷۵	۰/۸۷	۱/۱۹	۰/۷٦
ΣPUFA+MUFA/SFA	۲/۳۷	۲/٤۸	۲/۰۰	۱/۸۲	۲/۲۷	۲/۳۰	۱/۸۹
C22:6/C16:0	۰/٦٦	۰/۳٤	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۱۰	۰/۱۰
ادامهٔ جدول							
n-3 fatty acids	۲۷/۸۸	۱٦/۱۲	۹/۹٤	۱۰/٦۲	۱۳/۲۳	٦/۹٤	۵/۷۹
n-6 fatty acids	۸/۲۵	۱۹/٦۵	۱٦/۹۸	۱۵/۵۰	۲۰/۲۳	۲۷/۸۱	۲۰/۰۷
n-3/n-6 ratio	۳/۳۷	۰/۸۲	۰/۵۸	۰/٦٦	۰/٦۵	۰/۲٤	۰/۲۸
AI	۰/۵٤	۰/٤۳	۰/۵۱	۰/٦۰	۰/٤۷	۰/٤٦	۰/۵۷
TI	۰/۲۵	۰/۳٤	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/٤۰	۰/۵۲	۰/٦۹

تعداد اسیدهای چرب شناسایی شده در نمونه خام (شاهد) ۲۲ نوع است. پالمیتیک اسید (C16:0) شاخص اسیدهای چرب اشباع (SFA) با محتوای ۱۹/۱۲ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) مشخص شد. شاخص اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA) اولئیک اسید (C18:1) با محتوای ۲۰/۰۲ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و به‌دنبال آن پالمیتولئیک اسید (C16:1) با محتوای ۸/۳٦ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بود. دوکوزاهگزانوئیک اسید

(C22:6) با محتوای ۱۲/٦٤ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) نیز شاخص اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) در نمونه خام مشخص گردید. بیشترین مقدار اسیدهای چرب شناسایی شده در نمونه خام مربوط به اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) با محتوای ۳٦/۳٤، سپس اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA) با محتوای ۳۰/۰٦ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و کمترین محتوای آن در نمونه خام مربوط به اسیدهای‌چرب اشباع (SFA) با مقدار ۲۸/۰۳ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بود. مطالعه حاضر همچنین مشابه تحقیق Gladyshev و همکاران (2006) بر روی تأثیر روش پخت بر محتوای اسیدهای چرب چند غیراشباعی ضروری در فیله ماهی آزاد هامپ‌بک است. در بررسی ایشان در تمامی روش‌های حرارتی به‌کار گرفته شده، کاهشی در محتوای EPA و DHA فیله آزاد ماهی هامپ‌بک مشاهده نشد، اما روش سرخ‌کردن کاهش ناچیزی در محتوای این اسیدهای چرب را نشان داد. اسیدچرب شاخص در گروه SFA، در نمونه بدون روکش در روز صفر پس از سرخ‌کردن سریع و روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن نهایی و پس از سرخ‌کردن نهایی، پالمیتیک اسید با محتوای ۲۰/۱٦، ۲٤/۱۷ و ۲۵/۱۰ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بوده است. در تیمار با روکش در روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی نیز اسیدچرب شاخص SFA، همان پالمیتیک اسید با محتوای ۲۱/۱۳ و ۲٦/٦۳ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) مشاهده گردید. اسید چرب شاخص MUFA در تیمار بدون روکش، در روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی، اولئیک اسید با محتوای ۳۱/۵۳ و ۳۳/۲٤ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) مشاهده شد و در تیمار با روکش، در روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی نیز اولئیک اسید با محتوای ۲٤/۸۷ و ۳٦/٦۵ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بود و در نهایت شاخص PUFA در نمونه بدون روکش، روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی اسید لینولئیک با محتوای ۱٦/۹۵ و ۱۵/٤۵ و در نمونه با روکش به‌ترتیب ۲٦/۸۵ و ۱۹/۵۰ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) مشخص گردید. در روز ۹۰ پس از نگهداری به‌صورت منجمد در نمونه بدون روکش پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی، بیشترین مقدار اسیدهای چرب، مربوط به اسیدهای چرب تک غیراشباع با محتوای ۳۷/۷٤ و ۳٦/۷۲ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و به‌دنبال آن، اسیدهای چرب اشباع با محتوای ۳۲/۳۵ و ۳٤/۵۵، و در نهایت اسیدهای چرب چند غیراشباع با محتوای ۲۷/۰۱ و ۲٦/۱۷ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بود. مقدار اولئیک اسید در هر دو نمونه بدون روکش و باروکش خوراکی در روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی افزایش یافته در صورتی پالمیتولئیک اسید در همه نمونه‌ها از روز صفر تا روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی روند نزولی داشته است. همچنین در نمونه با روکش طی نگهداری به‌صورت منجمد و پس از آن، در روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن نهایی، بیشترین مقدار PUFA، با محتوای ۳٤/۷۸ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و سپس MUFA با محتوای ۳۲/۲۷ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و در نهایت SFA با محتوای ۲۹/۱۰ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) مشاهده گردید و در روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی، بیشترین مقدار مربوط به گروه MUFA با محتوای ۳۸/۳۳ (گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب) و به‌دنبال آن SFA با محتوای ۳۳/۹٦ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) و در نهایت PUFA با محتوای ۲۵/۹٤ (گرم در ۱۰۰ گرم اسیدچرب) بود. مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در هر دو نمونه بدون روکش و باروکش خوراکی از روز صفر تا ۹۰ طی نگهداری به‌صورت منجمد و پس از سرخ‌کردن عمیق افزایش یافت. مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) در نمونه بدون روکش خوراکی

در روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن عمیق افزایش و پس از سرخ‌کردن عمیق کاهش اندکی داشته است. در نمونه با روکش خوراکی در روز ۹۰ پیش از سرخ‌کردن عمیق کاهش و پس از سرخ‌کردن عمیق افزایش داشت. تفاوت در اسیدهای چرب هر گروه از تیمارها می‌تواند به‌دلیل نگهداری به‌صورت منجمد و یا اکسیداسیون طی نگهداری و سرخ‌کردن باشد. در مطالعه مشابه García -Arias و همکاران (2003) که تأثیر پخت- انجماد- گرم کردن مجدد بر ترکیب اسیدچرب فیله‌های ساردین را بررسی کردند، مجموع SFA، MUFA و PUFA، در نمونه‌های پخته پیش از انجماد، انجماد و دوباره گرم شده با مایکروویو به‌ترتیب مقادیر زیر را مشاهده کردند: SFA: ٤/٥٣، ٤/٥٦ و ٥/٣٢، MUFA: ١٢/٥، ١٢/٤ و ١٦/٤ و PUFA: ٤/٣٠، ٣/٣٧ و ٣/٨٤ (گرم در ١٠٠ گرم اسید چرب). Bakar و همکاران (2008) ویژگی‌های چربی در فیله پخته شده، منجمد و گرم‌کردن مجدد ماهی ماکرل (*Scomberomorous guttatus*) اقیانوس هند و آرام به‌ترتیب در نمونه شاهد، پخته شده و دوباره گرم‌شده به‌صورت زیر مشاهده شد: SFA: به‌ترتیب ٤٩/٣٧، ٤٧/٦٠ و ٤٧/٠٥، MUFA: ٦/٨٦، ٧/١٥ و ٧/٤٢ و PUFA: ٤٣/٧٨، ٤٢/٢٦ و ٤٥/٥٢ (گرم در ١٠٠ گرم اسیدچرب). در ماهیان کم چرب مبادله چربی بین غذا و روغن سرخ‌شدنی صورت می‌گیرد (Sánchez-Varela and Ruiz-Roso, 1992; Muniz et al., 1992). سرخ‌کردن ترکیب اسیدهای چرب فیله‌های کپور نقره‌ای را به‌طور چشمگیری تغییر داد (جدول ٢). Sánchez-Muniz و همکاران (1992) بیان کردند که تغییر اسید چرب در غذا و در زمان سرخ‌کردن نتیجه افت آن است. در بررسی اکسیداسیون چربی ماهی در خلال مرحله طبخ- انجماد- حرارت‌دهی مجدد، از شاخص نسبت C22:6/C16:0 نیز استفاده شده است (García-Arias et al., 2003). در مطالعه حاضر کاهش مقادیر PUFA در حالت منجمد دلیل کاهش C22:6/C16:0 است. مقدار C22:6/C16:0 در نمونه بدون روکش، پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی به‌ترتیب ٠/٢١ و ٠/٢٠ بود و در نمونه با روکش در روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن، ٠/١٠ مشاهده شد که بین تیمارها پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی تغییر چندانی در مقدار C22:6/C16:0 مشاهده نشد. ولی هر دو تیمار نسبت به روز صفر کاهش داشتند که بیانگر اکسیداسیون طی فرایند نگهداری به‌صورت منجمد است (Rezaei et al., 2006). نسبت اسیدهای چرب امگا-٣ به امگا-٦ در نمونه بدون روکش در روز ۹۰، پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی به‌ترتیب ٠/٥٨ و ٠/٦٦ مشاهده گردید و در نمونه با روکش این نسبت در روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن نهایی به‌ترتیب ٠/٢٤ و ٠/٢٨ بوده است. Zakipour Rahimabadi و همکاران (٢٠١١) نسبت اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-٣ به اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-٦(n-3/n-6) را در نمونه گوشت خام ٤/٦٥ و در نمونه سوریمی ٧/٧٧ گزارش کردند. بدیهی است که با بالا بودن اسیدهای چرب امگا-٣، نسبت ω-3/∑6∑ نیز بیشتر می‌شود که در تحقیق حاضر این نسبت در هر دو تیمار در روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی بیشتر بود. شاخص‌های TI و AI برای چربی استخراج شده از فیله‌های بدون روکش و با روکش خوراکی طی روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن عمیق به‌ترتیب AI: ٠/٥١، ٠/٦٠، ٠/٤٦ و ٠/٥٧ و TI: ٠/٥١، ٠/٥٣، ٠/٥٢ و ٠/٦٩ است (جدول ٣). Kaya و Turan (2008) مقدار دو شاخص TI و AI را برای ماهی آنچوی به‌ترتیب در محدوده بین ٠/٢٦- ٠/٢٧ و ١/٤٢- ١/٤٦ و همچنین Kaya و همکاران (2008) میزان این دو شاخص را برای ماهی خاویاری ٠/٣١ و ١/٠١ گزارش کردند. در تحقیقات دیگری که از سوی Rueda و همکاران (2001) صورت گرفت،

شاخص‌های TI و AI را برای گونهٔ پرورشی ماهی *Sharpsnout seabream* ۰/۲٤ و ۰/۵۱ و برای گونهٔ وحشی این ماهی ۰/۳۵ و ۰/۵۳ عنوان کردند. همچنین Turan و همکاران (2007) میزان شاخص TI و AI را برای ماهی Thorn back ray ۰/٦۳ و ۲/۳۷ گزارش کردند. شاخص‌های AI و TI در هر دو تیمار بدون روکش خوراکی و با روکش خوراکی در روز صفر و ۹۰ پیش از سرخ‌کردن کمتر از روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن عمیق بود که کمتر بودن این دو شاخص و بیشتر بودن درصد امگا-۳ بیانگر مناسب‌تر بودن چربی برای سلامت انسان است. در روز ۹۰ پس از سرخ‌کردن نهایی محتوای این شاخص‌ها افزایش یافته که نشان‌دهندهٔ اکسیداسیون و کاهش اسیدهای چرب امگا-۳ است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سرخ‌کردن، میزان اسیدهای اولئیک و لینولئیک را افزایش و درمقابل میزان اکثر اسیدهای چرب دیگر را کاهش می‌دهد. بنابراین محتوای PUFA کاهش می‌یابد، درحالی‌که نسبت اسید چرب امگا-۳ به امگا-٦ و اسیدهای چرب تک اشباعی MUFA افزایش می‌یابد. همچنین به‌دلیل نگهداری به‌صورت منجمد و اکسیداسیون، میزان PUFA در هر دو نمونه با روکش و بدون روکش کاهش می‌یابد. نسبت C22:6/C16:0 در نمونه‌های روز ۹۰ پیش و پس از سرخ‌کردن عمیق نسبت به نمونه‌های روز صفر روند کاهشی داشته است که ایجاد مجدد اکسیداسیون گرمایی در فرایند گرمادهی را نشان می‌دهد. همچنین از افزایش شاخص‌های TI و AI پس از نگهداری به‌صورت منجمد و سرخ‌کردن می‌توان نتیجه گرفت که پس از سرخ‌کردن نهایی مقدار اسیدهای امگا-۳ در هر دو تیمار کاهش داشته که این کاهش در نمونه با روکش بیشتر بود.

منابع

AOAC. 2005. Official method of analysis chemists. In W. Horwitz (Ed.), Method 950.46 (18th ed). Maryland, USA: Official Method of Analysis Chemists.

Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S. P. and Hosseini, H. 2010. Chemical changes in silver carp *(Hypophthalmichthys molitrix)* minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. *Grasas y Aceites*, 61: (1).

Aubourg, S. P., Lehmann, I. and Gallardo, J. 2002. Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Journal of the Science of Food Agriculture*, 82: 1764-1771.

Bakar, J., Zakipour Rahimabadi, E. and Che Man, Y. 2008. Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorous guttatus*). *LWT – Food Science and Technology*, 41(10): 2144-2150.

Bongar, A. 1998. Comparative study of frying to the other cooking techniques. Influence on the nutritive value. *Grasas y Aceites*, 49: 250-260.

Candela, M., Astiararan, I. and Bello, J. 1998. Deep-fat frying modifies high-fat fish fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2793–2796.

Gall, K. L., Otwell, W. S., Koburger, J. A. and Appledorf, H. 1983. Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science*, 48: 1068-1073.

Gandemer, G. 2002. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Journal of Meat Science*, 62 (3): 309-321.

Garaffo, M. A., Vassallo-Agius, R., Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., Dugo, G. and Giuffrida, D. 2011. Fatty acids profile, Atherogenic (IA) and Thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product 'Bottarga' . *Food and Nutrition Sciences*, 2: 736-743.

(Industrial and homemade). Safavi publication. Zanjan, Iran. 78 pp. (In Persian)

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.

Perez-Alonso, F., Arias, C. and Aubourg, S. P. 2003. Lipid deterioration during chilled storage of Atlantic pomfret (*Brama brama*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105: 661- 667.

Pinthus, E. J., Weinberg, P. and Saguy, I. S. 1995. Oil uptake in deep-fat frying as affected by porosity. *Journal of Food Science*, 60: 767–769.

Rezaei, M., Sahari, M. A. and Moeini, S. 2006. Quality assessment of lipid in Anchovy Kilka (*Clupeonella engrauliformis*) during frozen storage at different temperature. *Journal of Agriculture and Natural Resources, Isfahan University of Technology*, 10(4): 435-445. (Abstract in English)

Rueda, F. M., Hernandez, M. D., Egea, M. A., Aguado, F., Garcia, B. and Martinez, F. J. 2001. Differences in tissue fatty acid composition between reared and wild Sharpsnout Sea Bream. *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777). *British Journal of Nutrition*, 86 (5): 617-622.

Saguy, I. S. and Dana, D. 2003. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of food engineering*, 56(2): 143-152.

Sanchez-Muniz, F. J., Viejo, J. M. and Medina, R. 1992. Deep frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of sardines and frying fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 2252–2256.

Shahidi, F. 1997. Assessment of lipid oxidation and off-flavor development in meat and meat products. P 247-266, In Shahidi, F.(eds.), *Flavor of meat and meat products*, Chapman and Hall, USA, 429p.

Skjoldebrand, C., Ohlsson, T. H., O Sullivan, K., and Turner, M. 1984. Reheating of food in catering, P 425-431, In: Varela, G (eds.), *Thermal processing and quality of foods. Elsevier Applied Science Publishers Ltd,* New York, USA.

Tukkan, 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 Bioproducts Processing*, 86: 163-166.

García-Arias, M. T., Alvarez Pontes, E., Garcia-Linares, M. C., Garcia- Fernandez, M. C. and Sanchez-Muniz, F. J. 2003. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. *Food Chemistry*, 83: 349-356.

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: 446-451.

Haliloglu, H. I., Bayir, A., Sirkeciolu, A. N., Aras. N.M. and Atamanalp, M. 2004. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. *Food Chemistry*, 86 (1): 55-59.

Jittrepotch, N., Ushio, H. and Ohshima, T. 2006. Oxidative stabilities of triacylglycerol and phospholipids fractions of cooked Japanese sardine meat during low temperature storage. *Journal of Food Science*, 99: 360-367.

Kaya, Y., Turan, H. and Erdem, M. E. 2008. Fatty acid and amino acid composition of raw and hot smoked sturgeon (*Huso huso,* L. 1758). *International Journal of Food Science and Nutrition.* 59 (7-8): 635-642.

Kaya, Y. and Turan, H. 2008. Fatty acids composition of anchovy (Engraulis encrasicolus L. 1758) oil produced in Sinop- Turkey. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(5): 693-697.

Kose , S., Karacam, H., Kutlu, S. and Boran, M. 2001. Investigating the shelf- life of the anchovy dish called 'Hamsikusu' in frozen storage at -18±1ºC .*Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25: 651-656.

Metcalf, L. D., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. 1966. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical chemistry*, 38(3): 514-515.

Mills, A. 1975. Measuring changes that occur during frozen storage of fish: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 10(5): 483-496.

Moradi, G. A. and Safi Yari, S. 2005. Manual on processing of value added seafood products

Waters, M. E. 1988. Chemical composition of frozen storage of weakfish (*Cynoscium regalis*). *Marine Fish Reviews*, 50: 27–33.

Zakipour Rahimabadi, E., Elyasi, A., Sahari, M.A. and Zare, P. 2011. Effects of frying on proximate and fatty acid characteristics of fish fingers made from mince and surimi of common carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(29): 1-11. (Abstract in English)

Turan, H., Sonmez, G. and Kaya, Y. 2007. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata,* L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea. *Journal of Fisheries Sciences,* 1(2): 97-103.

Varela, G. and Ruiz-Roso, B. 1992. Some effects of deep frying on dietary fat intake. *Nutrition Reviews*, 50(9): 256-262.

Fisheries Science & Technology
TMU
Scientific - Research Journal Vol. 4, No. 4, Winter 2016

Proximate analysis and fatty acid composition of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillet after flash frying, frozen storage and deep-fat frying

Khadijeh Noorzaee[1], Eshagh Zakipour Rahimabadi[2,3*], Ebrahim Alizadeh Doughikollaee[4]

1-M.Sc. Student, Department of Fish Processing Technology, University of Zabol, Zabol, Iran

2-Associate Professor, Fisheries Department, University of Zabol, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran

3-Associate Professor, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran

4- Associate Professor, Fisheries Department, University of Zabol, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: 01.12.2014 Accepted : 07.11.2015

*Corresponding author : e_zakipour @yahoo.com

Abstract

The fatty acid composition and changes in silver carp fillet after flash frying, frozen storage and deep frying of was studied. For this purpose, fillets with edible coating and uncoated were tested. Fillets after flash frying for 30s, cooling, packaging and cooling were kept in freezer for three months, then deep fried. Flash frying and final deep frying increased the amount of total fat in fillets. The fat content of samples (5.07% at day 0) changed to 9.52 ± 1.97 and 7.54 ± 2.80 % after flash frying and to 9.33 ± 0.70 and 9.39 ± 0.24 % after final deep frying in uncoated and coated samples, respectively. Moisture content decreased after frying and increased after 3 months frozen storage ($P<0.05$). Twenty six saturated and unsaturated fatty acids were detected in samples. N-3/n-6 ratio was 3.37 in control samples. This ratio was 0.82 and 0.65 for uncoated and coated samples, respectively after flash frying and decreased to 0.66 and 0.28 after final deep frying. Atherogenic index (AI) and thrombosis index (TI) in day 90 after final deep frying in uncoated and coated treatments were 0.60, 0.53 and 0.57 and 0.69, respectively.

Keywords: Fish fillet, Edible coating, Fatty acid profile, Flash fry, Frozen storage