www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۳، جلد ۳، شماره ۱، صفحات ۱۰-۱

JRIFST

تأثیر پیش تیمارهای قبل و بعد از سرخ کردن بر میزان جذب روغن، ترکیبات شیمیایی فیله کپور نقره ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)

مهدی صداقت سنگانی[1*]، اسحاق زکی پور رحیم آبادی[2]، احسان احمدی فر[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
*نویسنده مسئول (m.sedaghat65@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
۳- دانشجوی دکتری، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه منابع طبیعی گرگان

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تیمارهای قبل (سرخ کردن مقدماتی و مایکروویو) و بعد (گرفتن روغن) از سرخ کردن عمیق بر میزان جذب روغن فیلهٔ ماهی کپور نقره‌ای است. تیمارها شامل تیمار A یا تیمار شاهد [سرخ کردن عمیق نمونه‌ها (دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ تا ۷ دقیقه)]، تیمار B (سرخ کردن عمیق + حذف رطوبت سطحی بعد از سرخ کردن)، تیمار C [سرخ کردن مقدماتی (دمای ۱۸۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۳-۲ دقیقه)+ سرخ کردن عمیق]، تیمار D (سرخ کردن مقدماتی+ سرخ کردن عمیق + گرفتن روغن پس از سرخ کردن)، تیمار E [پخت مقدماتی در مایکروویو (مدت ۱ دقیقه در قدرت بالا ۲۴۵۰ مگا هرتز) + سرخ کردن عمیق] و تیمار F (پخت مقدماتی در مایکروویو + سرخ کردن عمیق + گرفتن روغن پس از سرخ کردن) بودند. نتایج نشان داد که میزان کاهش درصد رطوبت و افزایش جذب روغن در نمونه‌هایی که به طور مقدماتی سرخ شدند (تیمارهای C و D) نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر بود. نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ در نمونه‌هایی که به طور مقدماتی سرخ شدند (تیمارهای C و D) افزایش پیدا کرد. پخت مقدماتی در مایکروویو قبل از سرخ کردن و حذف روغن سطحی بعد از سرخ کردن (تیمار F) باعث بیشترین کاهش میزان جذب روغن شد. در فرآیند سرخ کردن عمیق تیمارها، کاهش رطوبت به عنوان برجسته ترین تغییر بود که باعث گردید میزان پروتئین، چربی و خاکستر به طور قابل توجهی در نمونه‌های سرخ شده نسبت به نمونه خام افزایش یابد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۰۸

واژه‌های کلیدی
ساختار اسید چرب
سرخ کردن عمیق
ماهی کپور نقره‌ای
مایکروویو

مقدمه

ماهی و سایر غذاهای دریایی منبع با ارزشی از پروتئین، چربی، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشند. چربی ماهی منبع مهمی از اسیدهای چرب ضروری خصوصاً اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیراشباعی از خانواده امگا-۳ (ایکوزاپنتاانوئیک اسید و دوکوزاهگزاانوئیک اسید) می‌باشد. این اسیدهای چرب، نقش مهمی در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها دارند (Haliloglu *et al*., 2004).

سرخ کردن از شیوه‌های متداول فرآوری مواد غذایی می‌باشد که با انتقال گرما، تبخیر رطوبت و جذب روغن از محیط همراه می‌باشد (Oroszvari *et al*., 2006; Moyano *et al*., 2002; García-Arias *et al*., 2003) و باعث تغییر میزان ساختار اسید چرب

Archive of SID
www.SID.ir

روغن ماهی می‌گردد. حجم کل روغن جذب شده توسط ماده غذایی معادل مقدار آب جدا شده از آن در هنگام سرخ کردن می‌باشد (Pinthus *et al*., 1993). دمای بالای روغن منجر به تشکیل سریع پوسته و در نتیجه مساعد کردن شرایط برای کاهش جذب روغن می‌شود (Moreira *et al*., 1999). جذب روغن در هنگام سرخ کردن عمیق محصولات در روغن، توسط تعداد زیادی از عوامل نظیر کیفیت روغن، دما و مدت زمان سرخ کردن، ترکیب ماده غذایی (برای مثال رطوبت و مواد جامد آن، تخلخل)، سطح و شکل ماده غذایی، تحت تأثیر تیمارهای قبل از سرخ کردن (مانند خشک کردن و آنزیم بری)، پوشش‌دهی ماده غذایی و اندازه ماده غذایی قرار می‌گیرد (Pinthus *et al*., 1995; Selman & Hopkins, 1989). علاوه بر عوامل محیطی و بیولوژیکی، عمل‌آوری‌های مختلف نیز باعث تغییر ساختار اسید چرب روغن ماهی می‌شوند (Sigurgisladóttir & Pálmadóttir, 1993; Hoffman *et al*.,1994).

سرخ کردن مقدماتی گوشت در روغن آفتابگردان قبل از سرخ کردن عمیق، می‌تواند سبب کاهش جذب اسیدهای چرب اشباع گردد. البته هنگام استفاده از روغن زیتون، محتوای اسیدهای چرب اشباع نشده افزایش می‌یابد (Miranda *et al*., 2010). مقادیر قابل توجهی از روغن در مرحله سرد شدن بعد از فرآیند اصلی سرخ کردن جذب ماده غذایی می‌گردد. تاثیر خارج کردن سریع روغن از سطح ماده غذایی سرخ شده بر میزان جذب روغن و ساختار اسید چرب در برخی از مواد غذایی بررسی گردیده است (Andrés-Bello *et al*., 2010). فقط ۲۰ درصد روغن جذب شده در طی سرخ کردن چیپس به قسمت‌های داخلی نفوذ کرده و ۸۰ درصد آن، در سطح ماده غذایی باقی می‌ماند که در طی سرد شدن چیپس حدود ۶۴ درصد از آن وارد ماده غذایی می‌شود (Moreira *et al*., 1997).

Ngadi و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه بر روی ناگت روکش‌دار مرغ (روکش شامل: آرد گندم، خرده گندم، ادویه‌جات، صمغ گوار، نمک و آرد ذرت) مشخص کردند که پخت اولیه ماده غذایی به مدت ۱ تا ۲ دقیقه در قدرت ۲۴۵۰ مگاهرتز در فر سبب خواهد گردید تا میزان از دست دهی رطوبت در خلال سرخ کردن عمیق به طور معنی‌داری کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب روغن نیز به همان نسبت کاهش یابد. در مطالعهٔ دیگر انجام شده بر روی ناگت روکش‌دار میگو (توسط آرد گندم و ذرت) مشخص گردید که پخت اولیه ماده غذایی به مدت ۱ دقیقه در قدرت ۲۴۵۰ مگا هرتز در فر سبب خواهد گردید تا میزان از دست‌دهی رطوبت در خلال سرخ کردن عمیق به طور معنی‌داری کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب روغن نیز به همان نسبت کاهش یابد (Dehghan Nasiri *et a*l., 2011).

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، ۱۵ قطعه ماهی کپور نقره‌ای با وزن متوسط ۲/۷۰ کیلوگرمی خریداری گردید و سپس ماهی‌ها در یخ به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه زابل منتقل گردیدند. ماهی‌ها با آب شستشو و پس از آماده‌سازی اولیه شامل سر و دم زنی، تخلیه شکمی و شست و شوی مجدد، عملیات تهیه فیله با وزن متوسط ۱۰۰ گرم انجام گردید. تمامی فیله‌ها ابتدا با لعاب (حاوی آرد گندم ۳۰ درصد و آرد ذرت ۱۰ درصد و آب سرد (۴درجه سانتی‌گراد) لعاب‌دار گردیده و سپس با استفاده از پودر سوخاری روکش‌دار شدند (Yazdan *et al*., 2009). ۵۰ عدد فیله تهیه شده به طور تصادفی در ۶ تیمار تقسیم‌بندی گردیدند، که عبارت بودند از: تیمار A (سرخ کردن عمیق نمونه‌ها)، تیمار B (سرخ کردن عمیق+ گرفتن روغن پس از سرخ کردن نهایی)، تیمار C (سرخ کردن مقدماتی+ سرخ کردن عمیق)، تیمار D (سرخ کردن مقدماتی+ سرخ کردن عمیق+ گرفتن روغن پس از سرخ کردن)، تیمار E (پخت مقدماتی در مایکروویو+ سرخ کردن عمیق) و تیمار F (پخت مقدماتی در مایکروویو+ سرخ کردن عمیق+ گرفتن روغن پس از سرخ کردن). سرخ کردن مقدماتی تیمارها به مدت ۳-۲ دقیقه در دمای ۱۸۰درجه سانتی‌گراد در روغن انجام گردید (Moreira *et al*., 1997). پخت اولیه در مایکروویو هم به مدت ۱ دقیقه در قدرت بالا ۲۴۵۰ مگاهرتز انجام گردید (Akinbode *et al*., 2009). سرخ کردن اصلی فیله‌ها به مدت ۷-۵ دقیقه در دمای۱۸۰

Archive of SID

www.SID.ir

درجه سانتی‌گراد در روغن سرخ کردنی آفتابگردان صورت پذیرفت. پس از سرخ کردن، فیله‌ها از روغن خارج شده و با قرار دادن بر روی توری استیل در دمای اتاق سرد گردیدند. برای انجام تیمار پس از سرخ کردن، فیله‌ها بلافاصله بعد از انجام فرآیند سرخ کردن ابتدا چندین بار تکان داده شده و با پارچه تنظیف تمیز، روغن موجود در دو طرف فیله خارج و سپس در دمای اتاق سرد شدند. تمامی فرآیندها ۳ بار تکرار شدند. پس از سرخ شدن برای محاسبه میزان پروتئین و میزان چربی از روش AOAC (۲۰۰۵)، خاکستر در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری گردید و همچنین رطوبت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه گردید (AOAC, 2005). برای بررسی ساختار اسید چرب، ابتدا چربی توسط شیوه Bakar و همکاران (۲۰۰۸) و استخراج شده و سپس بررسی اسید چرب نمونه‌ها بعد از متیل استر شدن توسط دستگاه گازکروماتوگرافی[1] صورت پذیرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۳ صورت پذیرفت. برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از شیوه تجزیه واریانس یک طرفه[2] استفاده گردیده و برای مشخص نمودن اختلافات بین میانگین در صورت معنی‌دار بودن اختلاف تیمارها از آزمون توکی[3] در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی

اثرات تیمارهای قبل و بعد از سرخ کردن عمیق در ترکیب شیمیایی نمونه‌های سرخ شده فیله کپور نقره‌ای در جدول ۱ نشان داده شده است. ترکیب شیمیایی فیله خام کپور نقره‌ای مشابه مشاهدات Asgharzadeh و همکاران (۲۰۱۰) و Zakipour Rahimabadi و Divband (۲۰۱۰) می‌باشد. میزان رطوبت فیله ماهی پس از سرخ کردن عمیق کاهش اما میزان سایر ترکیبات شیمیایی فیله ماهی پس از سرخ کردن عمیق افزایش یافته است (جدول ۱). میزان پروتئین و چربی (بر اساس وزن مرطوب) در حدود ۱۱/۲۵ و ۹۴/۶۳ درصد افزایش یافت. این نتایج مشابه نتایج گزارش شده توسط García-Arias و همکاران (۲۰۰۳) و Weber و همکاران (۲۰۰۸) می‌باشد. در فرآیند سرخ کردن عمیق، کاهش رطوبت به عنوان برجسته‌ترین تغییر است که باعث می‌گردد میزان پروتئین، چربی و خاکستر، به طور قابل توجهی در فیله ماهی سرخ شده افزایش یابد (Bakar *et al.*, 2008).

رطوبت فیله ماهی در محدوده ۶۶/۸۰ تا ۷۳/۲۳ درصد در تیمار C (سرخ کردن مقدماتی+ سرخ کردن عمیق) و تیمار F (پخت مقدماتی در مایکروویو+ سرخ کردن عمیق+ گرفتن روغن پس از سرخ کردن) بود (جدول ۱). به طور قابل توجهی سرخ کردن مقدماتی نمونه قبل از سرخ کردن عمیق نهایی باعث حذف بیشتر رطوبت از فیله ماهی نسبت به تیمار شاهد (A) گردید که این کار باعث جذب بیشتر روغن در تیمار C و D گردید. در حالی که پیش تیمار کردن با مایکروویو منجر به از دست دادن رطوبت کمتری طی سرخ کردن عمیق در تیمارهای E و F (جدول ۱) گردید، در نتیجه روغن کمتری جذب کردند. نتایج حاصله در این تحقیق مشابه نتایج Krokida و همکاران (۲۰۰۱) بر روی سیب زمینی و Ngadi و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ناگت مرغ می‌باشد. میزان رطوبت در نمونه‌های (F, D, B) که پس از سرخ کردن نهایی، روغن سطحی آن با پارچه تنظیف گرفته شده بود، نسبت به سایر تیمارها (E, C, A) بالاتر بود. با افزایش میزان رطوبت در فیله میزان جذب روغن نیز کاهش یافته بود. نتایج با گزارشات Moreira و همکاران (۱۹۹۷) مشابه می‌باشد. بیشترین و کمترین میزان جذب روغن به ترتیب در تیمارهای C و F مشاهده گردید. از جمله دلایل تغییرات پروتئین از ۱۸/۱۴ درصد در تیمار B تا ۱۹/۶۵ درصد در تیمار F می‌توان به کاهش رطوبت و جذب روغن طی سرخ کردن عمیق اشاره نمود. میزان خاکستر نیز در طی

1- Gas Chromatography
2- One way ANOVA
3- Tukey

Archive of SID

www.SID.ir

سرخ کردن نمونه‌ها نسبت به نمونه خام به دلیل جذب روغن افزایش معنی‌داری پیدا کرد و در نمونه‌هایی که میزان جذب روغن کمتری داشتند، خاکستر نیز کاهش نشان داد.

جدول ۱- اثرات تیمارهای قبل و بعد از سرخ کردن عمیق در ترکیب شیمیایی نمونه‌های سرخ شده فیله ماهی کپور نقره‌ای

فاکتور (درصد)	تیمار						
	فیله خام	A	B	C	D	E	F
رطوبت	۷۶/۶۷±۰/۵۱^{A}	۶۹/۵۳ ±۰/۷۶^{B}	۷۰/۶۰± ۰/۳۰^{B}	۶۶/۸۰±۰/۱۳^{D}	۶۸/۳۳±۰/۰۸^{C}	۷۲/۶۸±۰/۰۵ ^{A}	۷۳/۲۳±۰/۱۶ ^{A}
پروتئین	۱۷/۶۰±۰/۳۸^{B}	۱۹/۵۸±۰/۰۸^{A}	۱۹/۶۵±۰/۱۰^{A}	۱۸/۶۴±۰/۰۱^{C}	۱۹/۱۳±۰/۱۵^{B}	۱۸/۱۷±۰/۰۸^{D}	۱۸/۱۴±۰/۰۳^{D}
چربی	۴/۶۶±۰/۳۴^{B}	۹/۰۷±۰/۰۵^{A}	۸/۹۳±۰./۱۶^{C}	۱۳/۳۰±۰/۱۹^{A}	۱۰/۰۷±۰/۱۰^{B}	۷/۱۷±۰/۲۵^{D}	۶/۹۷±۰/۱۰^{D}
خاکستر	۱/۱۱±۰/۱۶^{A}	۱/۹۰±۰/۰۱^{A}	۱/۷۶±۰/۰۴ ^{B}	۱/۲۶±۰/۰۳^{D}	۱/۹۶±۰/۰۲ ^{A}	۱/۹۸±۰/۰۶^{A}	۱/۶۶±۰/۰۴^{C}

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند، حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون توکی، $P<۰/۰۵$).

ساختار اسید چرب

۱۲ نوع اسید چرب در نمونه‌های خام فیله کپور نقره‌ای شناسایی گردید. مقادیر اسید چرب اشباع (SFA)[1]، اسیدهای چرب اشباع نشده (MUFA)[2] و اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA)[3] به ترتیب ۲۸/۴۶، ۲۴/۳۲ و ۴۷/۳۲ درصد بود (جدول ۲). نسبت مشابه برای گروه‌های اسید چرب برای ماهیان تیلاپیا، گربه ماهی آفریقایی (Suloma *et al.*, 2008)، ساردین (Bulla *et al.*, 2011) یافت شد.

بیشترین میزان اسید چرب در میان اسیدهای چرب اشباع شده موجود در نمونه‌های خام، اسید پالمتیک (۱۴/۰۱ درصد) بود. فراوان‌ترین اسیدهای چرب گروه MUFA اسید پالمیتولئیک ($C_{16:1}$) و به دنبال آن اسید اولئیک ($C_{18:1}$) بود. ایکوزاپنتانوئیک اسید، اسید دوکوزاهگزانوییک و اسید لینولنیک اسیدهای غالب در PUFA به ترتیب ۱۷/۲۴، ۱۴/۴۶ و ۱۱/۲۱ بود و نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ برای نمونه خام ۰/۱۰ می‌باشد (جدول ۳).

مقدار اسیدهای چرب تک غیراشباعی (MUFA) به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) پس از سرخ کردن عمیق کاهش یافت، در حالی‌که مقدار اسیدهای چرب اشباع (SFA) به طور قابل توجهی افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). میزان اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) پس از سرخ کردن عمیق تغییر معنی‌داری نشان نداد. میزان اسیدهای چرب امگا ۳ کاهش یافت در حالی که میزان اسیدهای چرب امگا ۶ پس از سرخ کردن عمیق و جذب روغن افزایش یافت. جذب روغن در طی سرخ کردن عمیق منجر به تغییرات نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ از ۰/۱۰ به ۰/۴۰ شد (جدول ۳). همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است، سرخ کردن در روغن آفتابگردان منجر به افزایش محتوای اسیدهای چرب $C_{16:0}$، $C_{18:2}$ و $C_{22:0}$ گردید. نتایج این پژوهش در سرخ کردن فیله ماهی با روغن آفتابگردان مشابه نتایج تحقیقات Candela و همکاران (۱۹۹۷)، Larsen و همکاران (۲۰۱۰)، Zakipour Rahimabadi و Dad (۲۰۱۲) می‌باشد. گزارش شده است که ساختار اسید چرب فیله ماهی در طول فرآیند سرخ کردن مشابه ساختار روغن سرخ کردنی استفاده شده می‌باشد (García-Arias *et al.*, 2003; Baker *et al.*, 2008).

اثرات تیمارهای قبل و بعد از سرخ کردن عمیق در ساختار اسید چرب نمونه‌های فیله کپور نقره‌ای در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج تغییرات ناهمگنی را در میزان اسیدهای چرب نمونه‌ها با توجه به تیمارهای قبل و بعد سرخ کردن نشان داد. تیمارهای قبل از سرخ کردن عمیق نهایی (سرخ کردن مقدماتی و پخت مقدماتی در مایکروویو) منجر به کاهش میزان اسیدهای چرب C20: 5 n-3 و C22: 6 n-3 نمونه‌های سرخ شده

1- Saturated Fatty Acid
2- Mono unsaturated Fatty Acid
3- Poly unsaturated Fatty Acid

Archive of SID

www.SID.ir

گردید البته به جز C22: 6 n-3 تیمار E و F (پخت مقدماتی در مایکروویو) که کاهش زیادی نسبت به تیمارهای C و D نشان نداد. نمونه‌هایی که پس از سرخ کردن نهایی روغن آن گرفته شد (تیمار F, D, B) میزان اسیدهای چرب C20: 5 n-3 و C22: 6 n -3 نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت (جدول ۳). نسبت پایین اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ در تیمارهای (F, D, B) در جدول ۲ مشخص می‌باشد، این نسبت می‌تواند به علت حذف کردن روغن سرخ کردنی بعد از سرخ کردن عمیق از سطح نمونه‌ها باشد که باعث حذف اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا ۶ روغن سرخ کردنی از سطح نمونه‌ها باشد.

جدول ۲- ترکیبات اسیدچرب (گرم/ ۱۰۰ گرم نمونه) نمونه‌های خام و سرخ شده عمیق فیله ماهی کپور نقره‌ای

اسید چرب	خام	A	B	C	D	E	F
C ۱۴:۰	۲/۵۰± ۰/۰۲	۲/۱۶ ± ۰/۰۱^{D}	۲/۷۰± ۰/۰۳^{A}	۲/۳۸±۰/۰۶^{C}	۲/۳۶±۰/۰۸^{C}	۲/۰۳ ± ۰/۰۳^{D}	۲/۵۴±۰/۰۵^{B}
C ۱۴:۱	nd	nd	nd	nd	۰/۶۵±۰/۰۲^{A}	۰/۳۵ ± ۰/۱۰^{B}	۰/۱۰ ±۰/۳۱^{C}
C ۱۵:۰	۲/۵۴±۰/۳۰	۱/۸۲±۰/۰۸^{C}	۰/۲۴± ۰/۰۱^{D}	۲/۴۹± ۰/۱۵^{AB}	۲/۳۵±۰/۰۱^{B}	۰/۲۷ ± ۰/۰۳^{D}	۲/۵۹±۰/۰۱^{A}
C ۱۶:۰	۱۴/۰۱± ۰/۰۹	۱۸/۷۲ ± ۰/۰۳^{B}	۱۸/۰۷± ۰/۱۰ ^{C}	۱۸/۴۰± ۰/۱۷^{BC}	^{D}۱۷/۴۴±۰/۱۴	۲۰/۶۷±۰/۰۳^{A}	۱۷/۱۸±۰/۲۲^{D}
C ۱۶:۱	۱۷/۳۱± ۰/۵۲	۱۰/۶۷ ± ۰/۰۲ ^{D}	۱۳/۷۰± ۰/۰۱^{A}	۱۱/۸۳±۰/۳۱ ^{C}	۱۰/۸۹±۰/۰۲^{D}	۱۳/۹۶±۰/۰۴^{A}	۱۲/۶۸±۰/۱۱^{B}
C ۱۸:۰	۳/۲۳± ۰/۳۱	۴/۸۳ ± ۰/۰۱^{A}	۴/۰۱±۰/۰۵^{B}	۱/۳۸±۰/۱۱ ^{D}	۲/۸۸±۰/۰۱^{C}	۱/۲۱ ± ۰/۰۷^{D}	۲/۸۵±۰/۱۴^{C}
C ۱۸:۱ (n-۹)	۷/۲۲± ۰/۰۳	۶/۳۸ ± ۰/۰۲ ^{B}	۷/۹۷± ۰/۲۰ ^{A}	۶/۲۴±۰/۱۸ ^{B}	۶/۵۳±۰/۰۳ ^{B}	۶/۴۵±۰/۱۰^{B}	۶/۳۱±۰/۰۱ ^{B}
C ۱۸: ۲(n-۶)	۲/۲۱± ۰/۱۱	۶/۳۶ ± ۰/۰۶ ^{B}	۵/۳۳± ۰/۲۰ ^{C}	۸/۴۷±۰/۰۷ ^{A}	۸/۲۸± ۰/۰۵ ^{A}	۵/۲۸ ± ۰/۰۲^{C}	۴/۲۴±۰/۰۱ ^{D}
C ۱۸:۳ (n-۳)	۱۱/۲۱± ۰/۰۲	۹/۰۵ ± ۰/۰۵ ^{B}	۷/۲۶±۰/۱۱ ^{C}	۴/۸۰± ۰/۲۰ ^{D}	۵/۰۳±۰/۲۵ ^{D}	۹/۱۰ ±۰/۴۵^{B}	۱۰/۳۳±۰/۰۶^{A}
C ۲۰:۳(n-۶)	۲/۲۰± ۰/۰۱	۷/۲۴ ± ۰/۱۲ ^{C}	۴/۷۴± ۰/۰۷^{E}	۱۲/۱۰±۰/۰۸ ^{A}	۹/۸۲± ۰/۰۲ ^{B}	۶/۵۹ ± ۰/۰۹^{D}	۴/۵۹±۰/۳۰^{E}
C ۲۰: ۵(n-۳)	۱۷/۲۴±۰/۰۴	۱۴/۳۰ ± ۰/۰۱ ^{B}	۱۶/۵۳± ۰/۰۲ ^{A}	۱۴/۱۰±۰/۶۳^{B}	۱۶/۴۵±۰/۲۵ ^{A}	۱۴/۱۴±۰/۰۱^{B}	۱۶/۰۳±۰/۰۳^{A}
C ۲۲:۰	۶/۱۸± ۰/۱۰	۸/۵۶ ± ۰/۰۳ ^{A}	۷/۴۷± ۰/۰۲ ^{C}	۷/۵۹±۰/۱۳ ^{C}	۷/۵۴±۰/۰۵ ^{C}	۸/۴۵ ±۰/۰۲^{AB}	۸/۲۶±۰/۱۹^{B}
C ۲۲:۶ (n-۳)	۱۴/۴۶± ۰/۰۶	۱۰/۹۲ ± ۰/۰۱ ^{C}	۱۱/۹۸±۰/۰۵^{B}	۱۰/۷۴±۰/۰۳ ^{D}	۱۰/۵۲±۰/۰۴^{D}	۱۲/۱۰±۰/۱۰^{B}	۱۲/۶۰±۰/۰۹^{A}
Σ SFA	۲۸/۴۶	۳۶/۰۹	۳۲/۴۹	۳۲/۲۴	۳۲/۵۷	۳۲/۶۳	۳۳/۴۲
Σ MUFA	۲۴/۳۲	۱۷/۰۵	۲۱/۶۷	۱۸/۰۷	۱۸/۰۷	۲۰/۷۶	۱۹/۰۹
Σ PUFA	۴۷/۳۲	۴۷/۸۷	۴۵/۸۴	۵۰/۲۱	۵۰/۱۰	۴۷/۲۱	۴۷/۷۹
Σ n-3	۴۲/۹۱	۳۴/۲۷	۳۵/۷۷	۲۹/۶۴	۳۲/۰۰	۳۵/۳۴	۳۸/۹۶
Σ n-6	۴/۴۱	۱۳/۶۰	۱۰/۰۷	۲۰/۵۷	۱۸/۱۰	۱۱/۸۷	۸/۸۳
n-6/n-3	۰/۱۰	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۶۹	۰/۵۶	۰/۳۳	۰/۲۳

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار و اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با حروف بزرگ مشخص گردید. حروف nd یعنی مشخص نگردید. Σ یعنی مجموع اسیدهای چرب مربوطه می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

سرخ کردن مقدماتی باعث افزایش درصد افت رطوبت و جذب بیشتر روغن نمونه‌های سرخ شده گردید، در حالی‌که پخت مقدماتی در مایکروویو منجر به از دست رفتن کمتر رطوبت و جذب کمتر روغن در طی سرخ کردن عمیق گردید. افزایش جذب روغن در طی سرخ کردن می‌تواند به علت نفوذ روغن به درون فیله بعد از خروج رطوبت باشد. سرخ کردن در روغن گیاهی آفتابگردان منجر به افزایش میزان اسیدهای چرب $C_{16:0}$، $C_{18:2\ n-6}$ و $C_{22:0}$ و همچنین میزان اسیدهای چرب امگا ۶ گردید. نمونه‌هایی که پس از سرخ کردن نهایی روغن آن‌ها گرفته شد (تیمار F, D, B) منجر به کاهش جذب روغن و کاهش تغییر در ساختار اسیدهای چرب گردیدند. نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ در تیمار C (سرخ کردن مقدماتی+ سرخ کردن عمیق) بیشترین مقدار و در تیمار F (پخت مقدماتی مایکروویو+ سرخ کردن عمیق+ گرفتن روغن) کمترین مقدار بود. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق مشخص گردید سرخ کردن مقدماتی تاثیر منفی بر کاهش جذب روغن دارد و همچنین مشخص گردید که پخت مقدماتی نمونه قبل از سرخ کردن با مایکروویو می‌تواند تاثیر مثبتی در کاهش جذب روغن شود. نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا در تیمارهای B، D و F که روغن آن‌ها پس از سرخ کردن گرفته شد کاهش نشان داد. تیمار F که در مایکروویو به طور مقدماتی حرارت دید و بعد از سرخ کردن عمیق روغن سطحی آن گرفته شد دارای کمترین تغییرات در ترکیبات شیمیایی و اسید های چرب بود.

در پایان به عنوان پیشنهاد با توجه به جذب روغن در فرایند سرخ کردن، برای جلوگیری از اثرات منفی سرخ کردن در ساختار اسیدهای چرب ماهی و نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳، توصیه می‌شود که از روغن‌های گیاهی غنی اسیدهای چرب چندغیراشباعی (PUFA) امگا ۶، در سرخ کردن عمیق استفاده نگردد (Ågren & Hänninen, 1993).

تقدیر و تشکر

نگارندگان این تحقیق بر خود لازم می‌دانند که از زحمات آقای مهندس حیدری مسئول آزمایشگاه شیلات دانشگاه زابل و هم چنین جناب آقای دکتر حداد خدا پرست که ما را در انجام این تحقیق کمک کردند، کمال تشکر را به عمل آورند.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1- Ågren, J.J., & Hänninen, O. 1993. Effects of cooking on the fatty acids of three freshwater fish species. Journal of Food Chemistry, 46(4): 377-382.

2- Akinbode, A.A., Michael, O.N. & Raghavan, G.S.V. 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. Journal of Food Engineering, 91: 146–153.

3- Al-Saghir, S., Ali, M., Iqbal, F., & Salam, A. 2004. Effects of different cooking procedure on lipid quality and cholesterol oxidation of.farmed salmon fish (*Salmo salar*). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 52: 5290-5296.

4- Andrés-Bello, A., & García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J. 2010. Vacuum frying process of gilthead sea .bream (*Sparus aurata*) fillets. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 630–636.

5- AOAC. 2005. Official Method of Analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

6- Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S.P., & Hosseini, H. 2010. Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. Grasasy Aceites 61 (1): 95-101. doi: 10.3989/gya.087109.

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

8- Candela, M., Astiasaran, I., & Bello, J. 1997. Effects of frying and warm holding on fatty acid and cholesterol of sole (*Solea solea*), cod fish (*Gadus morrhua*) and hake (*Merluccius merluccius*). Food Chemistry, 58 (3): 227-231. doi: 10.1016/S0308-8146(96)00169-0.

9- Dehghan Nasiri, F., & Khodaparast Hdad, A. 2011. Kinetic modeling of transfer during deep frying of.shrimp nagget prepared without a pre-frying step. Food and Bioproducts Processing, 89: 241-247.

10- Gall, K.L., Otwell, W.S., Koburger, J.A. & 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.

11- Garcia-Arias, M.T., Alvarez Pontes, E., Garcia-Linares, M.C., Garcia- Fernandez, M.C., & 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.

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

13- Hoffman, L.C., prinsloo, J.F., casey, N.H., & theron, J. 1994. The anatomical heterogeneity in the proximate composition, amino acid, fatty acid and mineral concentrations of muscle of the afrcan sharptooth catfish, *clarias gariepinus* (burchell) _ saj. Food Science & Nutrition, 6: 30-35.

Archive of SID

www.SID.ir

14- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., & Marinos-Kouris, D. 2001. Effect of pre-treatment.on viscoelastic behavior of potato strips. Journal of Food Engineering, 50: 11–17.

15- Larsen, D., Quek, S.Y., & Eyres, L. 2010. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New.Zealand king salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Food Chemistry, 119: 785-790.

16- Miranda, J.M, Martínez, B., Pérez, B., Antón, X., Vázquez, B.I., Fente, C.A., Franco, C.M., Rodríguez, J.L., & Cepeda, A. 2010. The effects of industrial pre-frying and domestic cooking.methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. LWT.– Food Science and Technology, 43: 1271-1276.

17- Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., & Barrufet, M.A. 1999. Deep-Fat Frying fundamentals and.applications. Aspen Publishers, 75-104.

18- Moreira, R.G., Sun, X.Z., & Chen, Y.H. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. Journal of Food Engineering, 31: 480-498.

19- Moyano, P.C., Rioseco, V.K., & Gonzalez, P.A. 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries. Journal of Food Engineering, 54: 249-255.

20- Ngadi, M.O., Wang, Y., Adedeji, A.A., & Raghavan, G.S.V. 2009. Effect of microwave pretreatment.on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. LWT - Food Science and Technology, 42: 438- 440.

21- Oroszvari, B.K., Bayod, E., Sjoholm, I., & Tornberg, E. 2006. The mechanisms controlling heat and mass transfer on frying of beef burgers. III. Mass transfer evolution during frying. Journal of Food Engineering, 76: 169-178.

22- Orthoefer, F.T., Gurkin, S. & Liu, K. 1996. Deep frying chemistry, nutrition and practical applications,.Champaign, Illinois. Dynamis of Frying, 223-245.

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

24- Pinthus, E.J., Weinberg, P., & Saguy, I.S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. Journal .of Food Science, 58: 204-209.

25- Selman, J.D., & Hopkins, M. 1989. Factors affecting oil uptake during the production of fried potato products. Technology Memorandum, 475 p.

26- Sigurgisladóttir, S., & Pálmadóttir, H. 1993. Fatty acid composition of thirty-Five Icelandic fish species. Journal of the American Oil Chemists' Society, 70: 1081-1087.

27- Weber, J., Bochi, V.C., Riberio, C.P., Victoria, A.M., & 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.

28- Yazdan, M., Jamilah, B., Yaakob, C.M., & Sharifah, K. 2009. Moisture, fat content and fatty acid composition in breaded and non-breaded deep fried black pomfret (*parastromateus niger*) fillets. International Food Research Journal, 16: 225-231.

29- Zakipour Rahimabadi, E., & Dad, S. 2012. Effects of frying by different frying oils on fatty acid profile of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 11(3): 704-712.

Archive of SID

www.SID.ir

30- Zakipour Rahimabadi, E., & Divband, M. 2012. The effects of coating and *Zataria multiflora* Boiss essential oil on chemical attributes of Silver carp fillet stored at 4ºC. International Food Research Journal, 19 (2): 685-690.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of pre-treatments before and after frying the absorption of oil, chemical silver carp fillets (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Mehdi Sedaghat[1*], Eshagh Zakipour Rahimabadi[2], Ehsan Ahmadifard[3]

1- MSc. Student, Department of Fishery, College of Natural Resources, University of Zabol, Iran

* Corresponding author (m.sedaghat65@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Fishery, College of Natural Resources, University of Zabol. Iran

3- PhD. Student, Department of Fishery, College of Natural Resources, University of Gorgan, Iran

Abstract

The purpose of this research is to study before treatment (initial frying and microwave) and after (getting oil) from deep frying oil filtering on the absorption of silver carp . Treatments : Treatment A or control treatment (deep frying samples (180°C for 5 to 7 min)) , treatment B (deep frying + removes moisture level after frying), treatments C (pre frying (180 ° C for 3-2 min) + deep frying) , treatment D (pre frying deep frying + catch oil after frying), treatment E (pre cooking in the microwave (on high power for 1 minute 2450 MHz) + deep frying) and treatment F (pre cooking in the microwave + deep frying+ get oil after frying). The ratio of n-6/n-3 fatty acids in samples that were fried Foundation (treatments C and D) increased. Basic cooking in the microwave before frying and removing surface oil after frying (treatment F) caused the greatest reduction in oil absorption. In the process of deep frying treatment, as the most striking change was the loss of moisture caused the protein, fat and ash to increase significantly in fried samples than raw the raw ones.

Keywords: Deep frying, Fatty acid structure, Microwave, Silver carp

Archive of SID

www.SID.ir