

تاثیر روش های مختلف پخت بر تغییرات اکسیداسیون چربی، ترکیب فلزات سنگین و ویژگی های حسی ماهی هامور معمولی *Epinepheluscoioides*

زهرا مومن زاده^۱، آی ناز خدانظری^{۲*}، کمال غانمی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شیلات گرایش فرآوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
 ۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
 ۳- استادیار گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
 (تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۱۰)

چکیده

در این مطالعه، تاثیر روش های مختلف پخت بر ترکیبات اکسیداسیون چربی و فلزات سنگین و خواص حسی فیله های ماهی هامور (*Epinepheluscoioides*) مورد ارزیابی قرار گرفتند. پخت ماهی هامور طبق تکنیک های معمول مصرف کننده تهیه شد: آبپز، بخار پز، سرخ کردن تابه ای (بدون افزودن روغن)، سرخ کردن عمیق (در روغن زیتون) و مایکروویو. میزان تیوباربتوریک اسید در فیله های پخته شده با روش های آبپز، بخارپز، سرخ کردن تابه ای و سرخ کردن عمیقتر از ۳ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت بود. میزان اسیدهای چرب آزاد فیله ها با روش های مختلف پخت در مقایسه با ماهی خام به طور معنی داری کاهش یافتند. کمترین میزان اسیدهای چرب آزاد مربوط به نمونه های مایکروویو بود. بیشترین غلظت نیکل در نمونه های خام وجود داشت. میزان کروم و سرب در نمونه های خام و پخته شده تفاوت معنی داری نداشتند. غلظت کبالت و کادمیوم در همه نمونه ها زیر محدوده شناسایی بود. نتایج خواص حسی نشان داد که بافت، بو، مزه رنگ و پذیرش کلی در روش پخت سرخ کردن تابه ای و عمیق افزایش یافت و تفاوت معنی داری بین روش ها آبپز، بخارپز وجود نداشت.

کلید واژگان: *Epinepheluscoioides*، روش های پخت، تیوباربتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد، فلزات سنگین، خواص حسی

* مسئول مکاتبات: khodanazary@yahoo.com

۱- مقدمه

ماهی هامور (*Epinepheluscoioides*) یکی از گونه های ماهیان دریایی باارزش اقتصادی در دریای عمان و خلیج فارس می باشد. این ماهی به دلیل داشتن گوشت خوش طعم و بافتی منسجم و سفید رنگ مورد توجه مصرف کنندگان ایرانی به ویژه جنوب کشور می باشد. ماهی هامور دارای بیش از ۵ درصد چربی در عضله می باشد که جزو ماهیان چرب محسوب می گردد [۱]. انجمن قلب آمریکا، استفاده حداقل ۲ بار ماهی در هفته را برای جلوگیری از بیماریهای قلبی و عروقی توصیه می کند [۲]. در جوامع مدرن گوشت تقریباً همیشه پیش از مصرف پخته می شود. حرارت دهی یکی از روش های متداول در فرآوری مواد غذایی است. گرما (آبپز، بخارپز، سرخ کردن، مایکروویو و ...) در مواد غذایی منجر به غیر فعال شدن فعالیت میکروارگانیسم ها بیماری زا و آنزیم های لیپولیتیک، بهبود کیفیت حسی (بو و طعم)، افزایش قابلیت هضم و افزایش ماندگاری می گردد [۳، ۴]. هر چند که استفاده از حرارت می تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند کاهش ارزش تغذیه ای غذایی، کاهش رطوبت و دنا توره شده پروتئین ها به ویژه پروتئین های میوفیبریل گردد [۵]. بیشترین تغییرات مسائل کیفی در تولیدات ماهی پخته شده در ارتباط مستقیم با کیفیت ماده خام اولیه است [۵]. روش های مختلف پخت بر خصوصیات کیفی ماهیان از جمله بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی تاثیر دارد [۶].

به طور کلی روش های پخت را به ۳ دسته تقسیم می کنند: ۱- حرارت خشک: در این روش غذا با هوا یا روغن داغ یا (سرخ کردن تابه ای، سرخ کردن عمیق، گریل کردن) پخته می شود. ۲- حرارت مرطوب: در این روش غذا با مایع (معمولاً آب یا بخار آب) مانند آب پز کردن، بخار پز کردن پخته می شود. ۳- روش های ترکیبی پخت که ترکیب روشهای حرارت خشک و حرارت مرطوب مانند می باشد [۷].

از مزایای غذاهای دریایی مقدار بالای پروتئین و مقدار اندک چربی می باشد. ارزش غذایی ماهی ممکن است از طریق روش های مختلف فرآوری یا روش های پخت تحت تاثیر قرار گیرد. تاثیر روش های مختلف پخت بر کیفیت مغذی مانند آنالیز تقریبی و اکسیداسیون چربی در ماهیان مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است [۳، ۸]. حرارت عامل اکسیداسیون چربی ماهیان می باشد که منجر به تغییر کیفی فرآورده های دریایی می گردد. عضله تیره در مقایسه با عضله سفید مقدار بیشتری چربی غیر اشباع دارد که در نتیجه مقدار عوامل پیش اکسیداسیون^۱ مانند آهن و پروتئین هم نیز در عضله تیره در مقایسه با عضله سفید بیشتر باشد [۴].

آلودگی محیط های آبی با فلزات سنگین به عنوان یکی از مسائل جدی در چند سال اخیر مطرح است. ماهیان موجود در محیط های دریایی به دلیل آلودگی با نفت و فاضلاب های صنعتی و خانگی در معرض فلزات سنگین می باشند که برای سلامت انسان مضر می باشد [۹]. فلزات سنگین در غلظت های بالا به دلیل سمیت و تجمع در بافت برای تمام موجودات زنده بسیار خطرناک هستند [۱۰]. بنابراین، تعیین غلظت فلزات سنگین در ماهیان به منظور ارزیابی ریسک خطر مصرف ماهی در سلامت انسان دارای اهمیت می باشند [۳]. مطالعات بسیاری جهت تعیین میزان فلزات سنگین در عضله ماهیان پخته شده انجام شده است [۳، ۹، ۱۱، ۱۲]. Erosy و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان دادند که روش های مختلف پخت ماهی سی باس تغییری در غلظت سرب، کروم، کادمیوم و کبالت را در مقایسه با ماهی خام نداشتند ولی میزان نیکل در ماهیان پخته شده در مقایسه با ماهی خام افزایش یافت [۱۲].

تاثیر روش های مختلف پخت روی اکسیداسیون چربی، میزان فلزات سنگین و ویژگی های حسی ماهی هامور انجام نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه، تحقیق بر روی تغییرات خصوصیات اکسیداسیون چربی، فلزات سنگین و ارزیابی حسی ماهی هامور (*Epinepheluscoioides*) با استفاده از روش های مختلف پخت (آب پز، بخار پز، سرخ کردن تابه ای، سرخ کردن عمیق و مایکروویو) بود.

1. Pan-frying
2. Deep-frying
3. Grilling
4. Poaching
5. Steaming

6. Pre-oxidation

۲- مواد و روش کار

۲-۱- آماده سازی نمونه

ماهی هامور (*Epinephelus coioides*) به صورت تازه از صیادان محلی منطقه آزاد اروند شهرستان آبادان خریداری شدند. ماهیان بلافاصله در جعبه های یونولیتی حاوی یخ (نسبت ماهی به یخ ۱ به ۲ (وزنی/ وزنی)) نگهداری و در مدت کمتر از ۲ ساعت به آزمایشگاه فرآوری واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. متوسط وزن و طول ماهی هامور به ترتیب ۱۶۵۶ گرم و ۳۶/۵ سانتی متر بود. به محض ورود ماهیان هامور به آزمایشگاه فرآوری، با آب سرد شسته و سرزنی و تخلیه امعا و احشا شدند. از هر ماهی دو فیله بدون خارج کردن استخوان تهیه شد. ۱۰۰ گرم نمونه از بخش فوقانی^۵ خط جانبی فیله ماهی جهت پخت مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- روش های مختلف پخت

سپس نمونه های فیله ماهی طبق روش AOAC ۹۷۷۱۶ (دستورالعمل پخت غذاهای دریایی) پخته شدند [۱۳]. روش های پخت انتخاب شده در این تحقیق، روش های معمول فرآوری ماهی توسط مصرف کنندگان ایرانی بودند که شامل آب پز کردن، بخارپز کردن، میکروویو، سرخ کردن تابه ای و سرخ کردن عمیق می باشند [۱۳].

بخارپز کردن: فیله های ماهی در بخارپز استیل ضدزنگ، محتوی ۵۰۰ میلی لیتر آب جوش، بر روی ظرف های ضد زنگ قرار گرفتند و درب بخارپز گذاشته شدند. نمونه های فیله ماهی در بخارپز به مدت ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه قرار گرفتند تا فیله ها در نتیجه حرارت بخار آب پخته شدند. بعد از سپری شدن زمان پخت، فیله ها روی پارچه جاذب قرار گرفتند.

آب پز کردن: فیله های ماهی در ظرف ضد زنگ، محتوی ۵۰۰ میلی لیتر آب جوش قرار گرفتند. درب ظرف محتوی نمونه ماهی کاملاً بسته شدند. مدت زما ت پخت ۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه بود. بعد از سپری شدن زمان پخت، فیله ها روی پارچه جاذب قرار گرفتند.

سرخ کردن تابه ای: فیله های ماهی را به تابه ای با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد منتقل و بخش استخوانی فیله را به مدت ۳ دقیقه در تابه سرخ شدند و سپس از بخش پوست، فیله ها را به مدت ۳ دقیقه سرخ شدند (بدون اضافه کردن روغن).

سرخ کردن عمیق: نمونه فیله ماهی را در سبد سیمی توری شکل قرار داده و سپس در ماهیتابه محتوی روغن زیتون با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شدند تا ماهی سرخ شد.

مایکروویو: نمونه های فیله ماهی در صفحه شیشه ای قرار گرفتند و دستگاه مایکروویو (CE3260E Model, SAMSUNG) را روی قدرت ۱۰۰٪ (بالا) تنظیم و در مدت ۴۰ ثانیه نمونه ها پخته شدند. بعد از پخت، نمونه ها روی حوله جاذب قرار داده شدند.

بعد از اتمام فرآیند پخت، نمونه ها در دمای اتاق خنک شدند. نمونه های خنک شده در کیسه های فریزی در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد تا زمان آنالیز قرار گرفتند. قبل از انجام آنالیزها، پوست و استخوان از فیله پخته شده جدا گردیدند. تمام نمونه ها در هر روش پخت با استفاده از همزن آشپزخانه همگن شدند.

از هر تیمار مورد آزمایش، ۳ تکرار در نظر گرفته شد. اندازه گیری فاکتورهای کیفی چربی (تیوباربیتوریک اسید^۸(TBA) و اسیدهای چرب آزاد (FFA)) و ترکیب فلزات سنگین پس از پخت فیله ماهی هامور انجام شدند. همچنین نمونه خام و پخته شده به منظور ارزیابی خواص حسی نمونه ها مورد آزمایش قرار گرفتند.

۲-۳- اندازه گیری خواص کیفی چربی

۲-۳-۱- اندازه گیری تیوباربیتوریک اسید

این شاخص طبق روش Siripatrawan and Noipha, 2012 [۱۴] با افزودن ۹۷/۵ میلی لیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۴ نرمال به ۱۰ گرم نمونه ماهی هموژن شده اندازه گیری شد. ۵ میلی لیتر از مایع حاصل از تقطیر این مخلوط به ۵ میلی لیتر معرف تیوباربیتوریک اسید افزوده و به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شد. پس از سرد شدن میزان

8. Thiobarbitoric acid

9. Free fatty acid

7. Anatomical section

گراد افزایش داده شد تا دمای کوره به ۴۵۰ درجه سانتی گراد برسد. سپس نمونه ها به مدت ۸ ساعت در این دما نگهداری شدند. نمونه های خاکستر شده را با ۳-۱ میلی لیتر آب مقطر مرطوب کرده و جهت تبخیر شدن بر روی هات پلیت قرار گرفت و مجدداً نمونه های خاکستر شده را در کوره به مدت یک تا دو ساعت در دمای کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و دمای کوره به ازای هر یک ساعت، ۱۰۰-۵۰ درجه سانتی گراد بالا برده شد تا دما به ۴۵۰ درجه سانتی گراد رسید. نمونه ها به مدت دو ساعت نیز در این دما نگهداری شدند. ۵ میلی لیتر HCl ۶ مولار را به بوته چینی اضافه شد تا خاکستر ها از دیواره بوته چینی با اسید حل گردیده و نمونه ها روی هات پلیت قرار داده شدند تا اسید تبخیر شود. به منظور هضم، نمونه ها به همراه ۳۰-۱۰ میلی لیتر HNO_3 ۱/۱ مولار حل گردید. پس از پوشاندن درب بوته های چینی، نمونه ها به مدت ۲-۱ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس نمونه ها از کاغذ صافی عبور داده شدند و در ظروف پلاستیکی نگهداری گردیدند. در نهایت میزان فلزات سنگین موجود در نمونه ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (GBC Model, Australia) سنجش شدند.

۲-۵- ارزیابی حسی

ارزیابی نمونه ها توسط ۱۰ نفر گروه ارزیاب آموزش دیده در دامنه سنی ۲۳ تا ۲۸ سال انجام پذیرفت. ۱/۵ درصد نمک به نمونه های ماهی اضافه گردید و سپس از طریق روش های مختلف پخت، فیله ماهیان پخته شدند. بافت، طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی نمونه ها با مقیاس هدونیک^{۱۲} [۱۷] با اندکی تغییر با اصطلاحات توصیفی ذیل رتبه بندی شدند: بافت (۵، سفتی^{۱۳}، قابلیت جویدن^{۱۴} و خاصیت ارتجاعی^{۱۵})، رنگ (۵، رنگ زرد پلاتانی روشن، ۱، حالت نیمه شفاف)، طعم (۵، مطلوب، ۱، کاملاً نامطلوب)، بو (۵، مطبوع، ۱، کاملاً نامطبوع)، پذیرش کلی (۵، خیلی خوب، ۱، خیلی بد) [۶].

جذب مایع صورتی حاصل در طول موج ۵۳۸ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد. عدد جذب خوانده شده در ثابت ۷/۸ ضرب شد تا میزان تیوباربتوریک اسید نمونه بدست آید (رابطه (۱)). میزان تیوباربتوریک اسید بصورت میلی گرم مالون آلدئید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه بیان شد.

رابطه (۱)

$$TBA_{value} = 7.8 Abs_{538}$$

میزان جذب در طول موج ۵۳۸ نانومتر = Abs_{538}

۲-۳-۲- اندازه گیری میزان اسیدهای چرب آزاد

میزان شاخص اسیدهای چرب آزاد با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه گوشت با کمک کلروفرم/متانول به روش et al., Woyewoda [1986] [۱۵] و تیتراسیون گروه های کربوکسیلیک آزاد موجود در آن با هیدروکسید سدیم صورت پذیرفت. کلروفرم، متانول و ۲-پروپانول به نسبت ۲:۱:۲ به همراه معرف متاکروزول ارغوانی به عصاره استخراج شده اضافه شد و تیتراسیون تا تغییر رنگ از زرد به آبی ادامه یافت. این شاخص با قرار دادن در رابطه (۲) اندازه گیری شد. نتایج بصورت درصد اولئیک اسید^{۱۰} بیان شد.

رابطه (۲)

$$FFA = \frac{N \times (V_2 - V_1) \times 2.82}{W}$$

N= NaOH نرمالته

V_2 = مصرفی برای هر نمونه NaOH میلی لیتر

V_1 = مصرفی برای نمونه شاهد (بلانک^{۱۱}) NaOH میلی لیتر

W= وزن چربی (گرم)

۲-۴- اندازه گیری فلزات سنگین

سنجش فلزات سنگین (کبالت، نیکل، کروم، سرب و کادمیوم) طبق روش (۲۰۰۲) AOAC [۱۶] انجام گردید. ۱۵ گرم نمونه خشک شده را در هاون چینی پودر و در کوره (شرکت خودساز، ایران) با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت قرار داده شدند. به ازای هر یک ساعت، دمای کوره ۵۰ درجه سانتی

12. Hedonic
13. Firmness/ Toughness
14. Chewiness
15. Springiness

10. Oleic acid
11. Blank

۶-۲- آنالیز آماری

تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه^{۱۶} بررسی شده و نتایج بصورت میانگین \pm خطای معیار بیان شد. جهت انجام مقایسه میانگین های متغیرهای اکسیداسیون چربی، فلزات سنگین و ارزیابی حسی از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار آنالیز آماری SPSS استفاده گردید. نرمال بودن داده ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

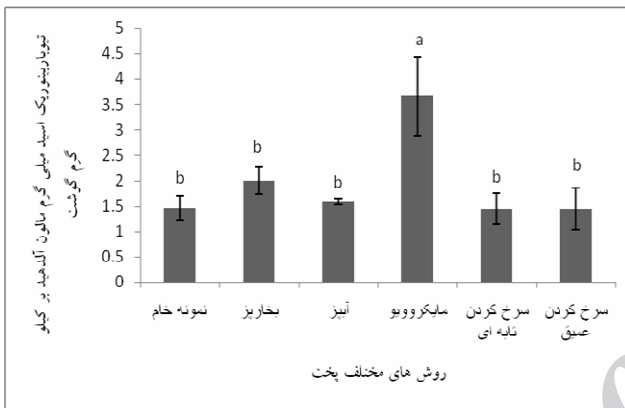
۳-۱- تغییرات تیوباریتوریک اسید

محصولات مواد اولیه اکسیداسیون (هیدروپراکسیدها) ناپایدار و مستعد تجزیه می باشند. محصولات ثانویه اکسیداسیون شامل آلدهیدها، کتون ها، الکل ها، هیدروکربن ها، اسیدهای آلی و ترکیبات اپوکسی می باشد. مالون آلدهید یک ترکیب جزئی از اسیدهای چرب با سه پیوند دوگانه و یا بیشتر از آن است که در اثر تجزیه اسیدهای چرب چندغیراشباعی طی اکسیداسیون چربی تشکیل می شود. این ماده معمولاً به عنوان شاخصی در ارزیابی روند تغییرات اکسیداسیون چربی استفاده می شود [۱۸]. به اثبات رسیده است که محصولات حاصل از اکسیداسیون چربی منجر به تصلب شراین، بیماری آلزایمر، سرطان، تورم و قرمزی و پیری می گردد [۱۹].

تغییرات میزان تیوباریتوریک اسید ماهی هامور ناشی از پخت به شیوه های مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان تیوباریتوریک اسید نمونه خام ۱/۴۶ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت بود. میزان تیوباریتوریک اسید فیله ها پس از پخت با روش های مختلف پخت افزایش یافت که تفاوت معنی داری با نمونه خام نداشتند. بیشترین میزان تیوباریتوریک اسید مربوط به روش پخت میکروویو بود که میزان تیوباریتوریک اسید برابر با ۳/۶۶ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم گوشت بود. افزایش میزان تیوباریتوریک اسید در این روش پخت ممکن است به دلیل بالا بودن نسبی دما در مقایسه با سایر روش ها

باشد. در روش های آبپز، بخارپز سرخ کردن تابه ای و سرخ کردن عمیق، مالون آلدهید تولید شده طی اکسیداسیون چربی می تواند یا از طریق حل شدن در آب و یا در نتیجه اتصال با پروتئین ها کاهش یابد [۵۸]. مطالعه مشابهی در مورد تاثیر روش های مختلف پخت ماهی بر تغییرات تیوباریتوریک اسید توسط Weber et al., 2008 [۸] گزارش گردیده است.

مقادیر بالای ۴-۳ میلی گرم مالون آلدهید بر کیلوگرم، کیفیت پایین محصولات را نشان می دهد [۲۰]. در مطالعه انجام شده میزان تیوباریتوریک اسید در تمام نمونه های خام و پخته شده پایین تر از حد استاندارد بود.

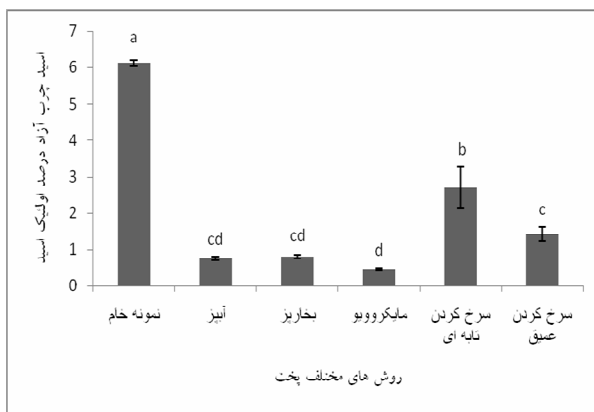


شکل ۱ تغییرات میزان تیوباریتوریک اسید ماهی هامور طی روش های مختلف پخت

۳-۲- تغییرات اسیدهای چرب آزاد

وجود اسید چرب آزاد به واسطه اکسایش و آبکافت آنزیمی چربی های استری بوده و یک ترکیب نامطلوب می باشد چون اسیدهای چرب آزاد می توانند به ترکیبات فرار بدبو تبدیل شوند [۲۱، ۲۲]. با اینکه تولید اسیدهای چرب آزاد به خودی خود منجر به افت کیفیت تغذیه ای نمی شود اما آزمون میزان آبکافت چربی به نظر مهم می رسد چون آبکافت چربی در شرایط سرما نیز ادامه می یابد که تاثیر شدیدی بر اکسیداسیون چربی و دنا توره شدن پروتئین دارد [۲۳]. اسیدهای چرب آزاد ممکن است با پروتئین های میوفیبریل ترکیب شوند و منجر به دنا توره شدن پروتئین ها می گردد [۲۴]. تأثیر پرواکسیدانی اسیدهای چرب آزاد بر چربی نیز گزارش شده است بدین صورت که اسیدهای

16. One-way ANOVA



شکل ۲ تغییرات میزان اسید چرب آزاد ماهی هامور طی روش های مختلف پخت

۳-۳- تغییرات فلزات سنگین

غلظت فلزات سنگین در نمونه های خام و پخته شده طبق روش های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. غلظت نیکل در فیله خام ماهی هامور $0.02 \mu\text{g/ml}$ بود. غلظت نیکل در تمام روش های پخت به جز سرخ کردن تابه ای با نمونه خام تفاوت معنی داری نداشت ($P > 0.05$). غلظت نیکل در نمونه بخارپز زیر محدوده شناسایی بود. در مطالعه Erosy و همکاران در سال ۲۰۰۶ [۱۳] که بر روی ماهی سی باس انجام گردیده است غلظت نیکل در نمونه های پخته شده تفاوت معنی داری نداشته است. مطالعه ای در مورد تأثیر روش های مختلف پخت ماهی هامور بر میزان فلزات سنگین انجام نشده است [۱۲]. غلظت کروم در نمونه های خام $0.4 \mu\text{g/ml}$ تعیین شد.

غلظت کروم در نمونه های خام و پخته شده تفاوت معنی داری نشان نداد ($P > 0.05$). میانگین غلظت کروم فیله ها در روش سرخ کردن عمیق دارای کمترین مقدار بود ($P > 0.05$). کاهش آب بافت منجر به افزایش غلظت یون ها می گردد. از طرف دیگر، پلی فنول های روغن زیتون با یون های فلزی در غذا ترکیب و بر روی توزیع یون ها بین روغن و غذا تأثیر می گذارد. بنابراین، غذاهای دریایی سرخ شده دارای کمترین میزان فلزات می باشند [۹].

چرب آزاد بر گروه کربوکسیل اثر تحریک کننده^{۱۷} داشته و تشکیل هیدروپروکسیدها و متعاقبا رادیکالهای آزاد را تسریع می بخشد. علاوه بر این به دلیل کوچک بودن اندازه مولکولهای اسید چرب آزاد نسبت به چربی های بزرگتر (مهمترین آنها تری آسیل - گلیسرولها و فسفولیپیدها) بیشتر در معرض اکسیداسیون توسط آنزیم هایی چون لیپازها و فسفولیپازها می باشد. این مسئله به شدت بر کیفیت حسی فرآورده های غذایی دریایی تأثیرگذار است [۲۶].

تغییرات میزان اسید چرب آزاد ماهی هامور طی روش های مختلف پخت در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان اولیه شاخص اسید چرب آزاد در نمونه خام 6.12% درصد اولئیک اسید بود. میزان اسید چرب آزاد نمونه خام پس از حرارت دادن به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$). میزان اسید چرب آزاد در روش های بخارپز، آبپز، مایکروویو، سرخ کردن تابه ای و سرخ کردن عمیق به ترتیب 0.8% ، 0.75% ، 0.45% ، 0.70% و 1.42% درصد اولئیک اسید بودند. کمترین میزان اسید چرب آزاد متعلق به روش پخت با مایکروویو بود که با دیگر نمونه های تفاوت معنی داری داشت ($P < 0.05$). بواسطه آبکافت فسفولیپیدها و تری گلیسریدها توسط لیپاز و فسفولیپاز [۲۶] افزایش در تولید اسید چرب آزاد در نمونه های خام مشاهده شد اما در نمونه های پخته شده میزان اسید چرب آزاد کمتر بود. حرارت بالا در نمونه های فیله پخته شده منجر به غیر فعال نمودن آنزیم لیپاز می گردد که منجر به کاهش میزان اسید چرب آزاد در نتیجه پخت می گردند [۸]. همچنین خارج شدن اسید چرب فرار در طی پخت ممکن است منتهی به کاهش اسید چرب آزاد گردد [۸]. مطالعه مشابهی در مورد تأثیر روش های مختلف پخت ماهی بر تغییرات تیوباریتوریک اسید توسط Weber et al., 2008 [۸] گزارش گردیده است.

17. Catalytic effect

ای، سرخ کردن عمیق و مایکروویو شناسایی نشد (زیر محدوده شناسایی).

غلظت سرب در نمونه های خام $0.06 \mu\text{g/ml}$ بود. غلظت سرب فیله خام در مقایسه با فیله های پخته شده طبق روش های مختلف، تفاوت معنی داری نداشتند ($P > 0.05$).

غلظت کبالت در فیله خام و پخته شده طبق روش های مختلف زیر محدوده شناسایی بود. نتایج این مطالعه با نتایج Ersoyet *et al.*, 2006 [۱۲] مطابقت داشت.

غلظت کادمیوم در نمونه های خام، آبپز، بخارپز، سرخ کردن تابه

جدول ۱ میانگین غلظت فلزات سنگین فیله های خام و پخته شده ماهی هامور ($\mu\text{g/ml}$ ، وزن خشک)

سرب	کادمیوم	کبالت	کروم	نیکل	
0.06 ± 0.03	ND	ND	0.40 ± 0.10	0.02 ± 0.00^b	خام
0.05 ± 0.00	ND	ND	0.22 ± 0.22	ND*	بخار پز
0.08 ± 0.00	ND	ND	0.26 ± 0.26	0.03 ± 0.02^{ab}	آبپز
0.06 ± 0.03	ND	ND	0.25 ± 0.17	0.15 ± 0.07^a	سرخ کردن تابه ای
0.05 ± 0.00	ND	ND	0.17 ± 0.14	0.02 ± 0.01^b	سرخ کردن عمیق
0.04 ± 0.02	ND	ND	0.33 ± 0.17	0.06 ± 0.03^{ab}	مایکروویو

Non detection*

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد ($P < 0.05$).

تغییر طعم و رنگ فرآورده ها می گردد [۲۸]. تولید بو و طعم در محصولات پخته شده فرآیند پیچیده ای است که در نتیجه واکنش ترکیبات متفاوت، محصولات ثانویه یا ترکیبات فرار^{۱۸} تولید می گردد [۲۸]. ترکیبات فوران^{۱۹} عامل مهمی در تشکیل بوی خاص در محصولات سرخ کردنی می باشد. ترکیبات فوران (فوران^{۲۰}، ۲- فورفورال^{۲۱}، فورفوریل الکل^{۲۲}، ۲- پنتیل فوران^{۲۳}، ۵- هیدروکسی متیل فورفورال^{۲۴}) ناپایدار و منجر به ایجاد بوی مطلوب و دلپذیر می گردند [۲۸].

وقتی به بافت عضلانی حرارت داده می شود، الیاف آن محکم تر و بافت پیوندی سست تر می گردد. در نتیجه هنگام جویدن که نیرو به بافت پخته شده وارد می شود ابتدا ساختار بافت پیوندی تخریب می گردد [۲۹].

۳-۴- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه های خام و پخته شده در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود ویژگی بافت، بو، طعم، رنگ و پذیرش کلی در نمونه های سرخ شده تابه ای و عمیق دارای بیشترین امتیاز بودند که مطابق با نتایج قیومی جونیاینی و همکاران در سال ۱۳۹۰ [۶] بودند. نمونه ها با امتیاز بالاتر از ۳ از مطلوبیت بالاتری برخوردار بودند. بررسی نتایج پذیرش کلی نمونه ها نشان داد که فیله سرخ شده تابه ای و عمیق دارای بیشترین امتیاز بود و بین نمونه های آبپز و بخار پز تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). همچنین بین نمونه خام و نمونه مایکروویو تفاوت معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$).

پختن گوشت به ویژه سرخ کردن منجر به تولید رادیکال های آزاد حاصل از اکسیداسیون چربی ها و تغییر طعم و بو می گردد [۲۷، ۲۸] که مطلوبیت خصوصیات حسی فیله ماهی پخته شده با توجه به نوع روش پخت متفاوت است. همچنین در نتیجه واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی، واکنش بین پروتئین ها و قندهای احیاء کننده گوشت انجام می گیرد و در نهایت منجر به

18. Volatile compounds
19. Furanic compounds
20. Furan
21. 2- Furfural
22. Furfuryl alcohol
23. 2- Pentylfuran
24. 5- Hydroxymethylfurfural (HMF)

جدول ۲ خصوصیات حسی ماهی هامور طی روش های مختلف پخت

پذیرش کلی	رنگ	طعم	بو	بافت	
۱/۰۰±۰/۰۰ ^c	۱/۰۰±۰/۰۰ ^c	۱/۰۰±۰/۰۰ ^c	۱/۰۰±۰/۰۰ ^d	۱/۰۰±۰/۰۰ ^d	خام
۲/۷۰±۰/۳۳ ^b	۲/۵۰±۰/۴۵ ^{ab}	۲/۵۰±۰/۳۰ ^b	۲/۵۰±۰/۴۵ ^{bc}	۳/۰۰±۰/۳۹ ^{bc}	بخار پز
۲/۸۰±۰/۲۹ ^b	۲/۱۰±۰/۴۵ ^b	۲/۷۰±۰/۳۹ ^b	۲/۲۰±۰/۴۶ ^{bc}	۲/۸۰±۰/۳۳ ^c	آبیز
۳/۴۰±۰/۳۳ ^{ab}	۳/۳۰±۰/۲۶ ^a	۳/۶۰±۰/۳۰ ^a	۳/۱۰±۰/۴۳ ^{ab}	۳/۸۰±۰/۳۲ ^{ab}	سرخ کردن تابه ای
۴/۱۰±۰/۳۴ ^a	۳/۵۰±۰/۴۲ ^a	۳/۷۰±۰/۵۰ ^a	۳/۹۰±۰/۳۷ ^a	۴/۰۰±۰/۳۳ ^a	سرخ کردن عمیق
۱/۲۰±۰/۱۳ ^c	۱/۱۰±۰/۱۰ ^c	۱/۴۰±۰/۱۶ ^c	۱/۵۰±۰/۱۶ ^{cd}	۱/۵۰±۰/۲۲ ^d	مایکروویو

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد (P<۰/۰۵).

- [4] Yagiz, Y., Kristinsson, H. G., Balaban, M.O., Welt, B. A., Ralat, M., Marshall, M.R. 2009. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chemistry*. 116: 828- 835.
- [5] Rodríguez, A., Carriles, N., Cruz, J. M., Abourg, S.P. 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C). *LWT- Food Science and Technology*. 41: 1726- 1732.
- [6] Ghauomi Jooyani, A., Khoshkhou, Zh., Motallebi, A. A. Moradi, Y. 2011. The effect of different methods of fatty acid composition of tilapia, *Oreochromis niloticus*, fillets. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 20: 97- 108.
- [7] Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A. A., SeyedMohamad, S.H., Che Man, Y. 2011. A review on fish lipid composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 20: 379- 390.
- [8] Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, 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.
- [9] Kalogeropoulos, N., Karavoltos, S., Sakellari, A., Avramidou, S., Dassenakis, M., Scoullou, M. 2012. Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. *Food and Chemical Toxicology*. 50: 3702- 3708.
- [10] EmamiKhansari, F., Ghazi- Khansari, M., Abdollahi, M. 2005. Heavy metals content of canned tuna fish. *Food Chemistry*. 93: 293- 296.

۴- نتیجه گیری کلی

مقادیر تیوباربتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد، فلزات سنگین و ارزیابی حسی در روش های مختلف پخت ماهی هامور مورد سنجش قرار گرفت. میزان تیوباربتوریک اسید نمونه خام با فیله های پخته شده با روش های مختلف به جز مایکروویو تفاوت معنی داری نداشتند. میزان تیوباربتوریک اسید فیله های آبیز، بخارپز، سرخ شده تابه ای و سرخ شده عمیق پایین تر از حد مجاز بود. همچنین اسیدهای چرب آزاد در تمام روش های پخت در مقایسه با نمونه خام به طور معنی داری کاهش یافت. میزان نیکلاتدازه گیری شده در روش سرخ کردن تابه ای در مقایسه با سایر روش های پخت افزایش نشان داد و سایر فلزات سنگین اندازه گیری شده در تمام روش های پخت تفاوت معنی داری نداشتند. همچنین ارزیابی حسی نشان داد که روش سرخ کردن تابه ای و عمیق دارای بیشترین مطلوبیت بود.

۵- منابع

- [1] Razai- Shirazi, H. *Seafood Technology- principles of handling and processing* (1). 2007. Nghshemehr press. 325 pages.
- [2] Ozogul, Y., Ozogul, F. Gokbulut, C. 2006. Quality assessment of wild European eel (*Anguilla anguilla*) stored in ice. *Food Chemistry*. 95: 458-465.
- [3] Ersoy, B., Özeren, A. 2009. The effects of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry*. 115: 419- 422.

- [21] Rezaei, M., and Hosseini, S. F. 2008. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *Journal of food science*. 73: H93-H96.
- [22] Ozyurt, G., Kuley, E., Ozkutuk, S., Ozogul, F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and gold band goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*. 114: 505-510.
- [23] Aubourg, S. P. 1993. Interaction of malondialdehyde with biological molecules - new trends about reactivity and significance. *International journal of food science and technology*. 28: 323-335.
- [24] Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M. E., Robles-Burgueño, M. R. 2000. Postmortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C. *Journal of Food Science*. 65: 40- 47.
- [25] Losada V. Barros-Velazquez, J. Aubourg, S. P. 2007. Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT*. 40: 991-999.
- [26] Rostamzad, H., Shabanpour, B., Shabani, A., Shahiri, H. 2011. Enhancement of the storage quality of frozen Persian sturgeon fillets by using of ascorbic acid. *International food research journal*. 18: 109-116.
- [27] Santé Lhtllier, V., Astuc, T., Marinova, P., Greve, E., Gatellier, P. 2008. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 1488-1494.
- [28] Pérez- Palacios, T., Petisca, C., Henriques, R., Ferreira, I.M.P.L.V.O. 2013. Impact of cooking and handling conditions on furanic compounds in breded fish products. *Food and Chemical Toxicology*. 55: 222- 228.
- [29] Razai- Shirazi, H. 2001. *Seafood Technology- processing science* (2). Nghshemehr press. 292 pages.
- [11] Atta, M.B., El- Sebaie, L.A., Noaman, M.A., Kassab, H.E. 1997. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chemistry*. 58: 1-4.
- [12] Ersoy, B., Yanar, Y., Küçükgülmez, A., Çelik, M. 2006. Effects of four cooking methods on the heavy metal at concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linn, 1785). *Food Chemistry*. 99: 748- 751.
- [13] Larsen, D., Quek, S. Y., Eyres, L. 2010. Effects of cooking methods on the fatty acid profile of New Zealand King Salmom (*Oncorhynchus shawytscha*). *Food Chemistry*. 119: 785- 790.
- [14] Siripatrawan, U., Noipha, S. 2012. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocolloids*. 27: 102-108.
- [15] Woyewoda, A. D., Shaw, S. J., Ke, P. J., Burns, B. G. 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. *Canadian Technical Report of Fish and Aquatic Science*, 1448p.
- [16] AOAC. 2002. *Official Methods of Analysis*, 13th edn. Washington DC, USA, 1094 pp.
- [17] ASTM. 1969. *Manual on sensory testing methods* American society for testing and materials, 1916 Race Street, Philadelphia, pa. 19103, 34-42.
- [18] Shahidi, F., Zhong, Y. 2005. *Lipid oxidation: measurement methods* (6th Ed.). Memorial university of Newfoundland, Canada. 357-385.
- [19] Broncano, J. M., Petró, M.J., Parra, V., Timón, M.L. 2009. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pigs. *Meat Science*. 83: 431- 437.
- [20] Karacam, H., Kutlu, S., Kose, S. 2002. Effect of salt concentrations and shelf life of brined anchovies. *International Journal of Food Science and Technology*. 37: 19-28.

Effect of different methods of cooking on changes of oxidation lipid, heavy metal composition and sensory properties of *Epinepheluscoioides*

Momenzadeh, Z. ¹, Khodanazary, A. ^{2*}, Ghanemi, K. ³

1. M.Sc student of Khorramshahr University of Marin Science and Technology

2. Assistant professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marin Science and Technology

3. Assistant professor, Department of Marine Chemistry, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

(Received: 94/12/10 Accepted: 94/2/10)

In this study, the influence of different cooking method on the oxidation lipid and heavy metal composition and sensory properties of *Epinepheluscoioides* fillets was evaluated. Cooking of *Epinepheluscoioides* was prepared according to common consumer techniques: poached, steamed, pan fried (no added oil), deep fried (in olive oil) and microwave. Thiobarbitonic acid (TBA) content was less than 3 mg MDA/ kg in cooked fillet with boiling, poaching, dry- frying and deep frying methods. The free fatty acid (FFA) content of the fillets was significantly reduced by the different cooking methods in compared with raw fish. There was the highest Ni concentration in raw samples. Co and cd concentrations were below limits of detection in all samples. The Cr and pb contents in the raw and cooked samples were not significantly different. The results of sensory properties were showed that the texture, odour, flavor, colour and overall likeness properties increased in pan- frying and deep- frying methods and there were not significantly different between boiling, poaching.

Keywords: *Epinepheluscoioides*, Cooking methods, TBA, FFA, Heavy metal, Sensory properties.

*Corresponding Author E-Mail Address: khodanazary@yahoo.com