

**بررسی تاثیر نمکسود کردن بر روی تغییرات کمی و کیفی پروفایل اسیدهای چرب فیله ماهی****آمور *Ctenopharyngodon idella*****سید محمد میری<sup>۱</sup>، مسعود هدایتی فرد<sup>۲\*</sup>**

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزبان، مرکز تحصیلات تکمیلی، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار گروه شیلاتی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

\*نویسنده مسئول: [hedayati.m@qaemiau.ac.ir](mailto:hedayati.m@qaemiau.ac.ir)**چکیده**

در این مطالعه، تغییرات کمی و کیفی پروفایل اسیدهای چرب در فیله نمکسود ماهی آمور مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های چربی و اسیدهای چرب نمونه‌های خام و نمکسود ماهی آمور مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرآیند نمکسود به روش خشک و با ۲۴ درصد نمک کریستال و در درجه حرارت محیطی به مدت ۴۸ ساعت صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که نمکسود کردن موجب افزایش میزان چربی (از ۴/۳ به ۱۳/۶۲ درصد) شد ( $P < 0.05$ ). همچنین طی فرآیند نمکسود کردن اسیدهای چرب غیراشباع (UFA) از ۵۰/۳۲ به ۵۵/۵۷ g/100g، چندغیراشباع (PUFA) از ۲/۸۰ به ۳/۲۸ g/100g و همچنین مجموع ω-6 از ۱/۸۲ به ۲/۱۵ g/100g افزایش یافتند ( $P < 0.05$ ). از سوی دیگر، مجموع اسیدهای چرب بلند زنجیره EPA+DHA از ۱/۶۱ به ۱/۰۶ g/100g کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). علاوه بر این نمکسود کردن موجب کاهش شاخص غیراشباعیت (PI) از ۰/۰۷ به ۰/۰۴ گردید ( $P < 0.05$ ) که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود. نتایج نشان داد که کیفیت اسیدهای چرب غیراشباع ماهی آمور طی فرآیند نمکسود کردن حفظ گردید.

**کلمات کلیدی:** اسیدهای چرب، کیفیت، فیله، ماهی آمور، نمکسود

**مقدمه**

فراورده‌های دریایی به عنوان یکی از با ارزش‌ترین منابع، جهت تامین پروتئین جامعه در راستای کاهش واردات گوشت قرمز و اثرات سوء مصرف بی‌رویه آن از جنبه سلامت انسان مطرح می‌باشند (Connell, 2002). آبریان منبع بسیار مناسبی از پروتئین با کیفیت بالا، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشند (Delgado *et al.*, 2002). مطالعه ترکیبات بیوشیمیایی غذا یکی از مهمترین موضوعات تحقیق می‌باشد که در مورد ماهی، پایه‌ای‌ترین آنها سنجش ترکیب تقریبی گوشت آن به همراه ترکیب اسیدهای چرب می‌باشد.

از مدت‌ها قبل چربی ماهی‌ها به دلیل مقدار بالای اسیدهای چرب غیراشباع و ۵ تا ۶ پیوند دوگانه مورد توجه خاص قرار گرفته اند (Puwastien *et al.*, 1999). ارزش غذایی مصرف ماهی به دلیل وجود پروتئین با ارزش زیستی بالا، مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها (A, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, E, D) و اسیدهای چرب غیراشباع ضروری، مخصوصاً اکوزاپنتانویک اسید (EPA) و دکوزاهگزانویک اسید (DHA) در بافت ماهی می‌باشد. در واقع غذاهای دریایی، منبع اصلی اسیدهای چرب غیراشباعی (PUFA) می‌باشند. از این رو انسان بخش اعظم اسیدهای چرب ضروری به ویژه EPA و DHA را از مصرف ماهی، بی‌مهرگان آبی و ماکرو جلبک‌ها بدست می‌آورد (Arts *et al.*, 2001). اما محدودیت صید ماهیان سبب شده است تا آبی‌پرووری تنها راه پاسخگوی افزایش تقاضای ماهی و غذاهای دریایی باشد (Cahu *et al.*, 2004).

از سوی دیگر، چربی غذاهای دریایی به دلیل وجود مقدار زیاد اسیدهای چرب PUFA و امگا-۳ در زمره ترکیبات ضروری در تغذیه انسان محسوب می‌شود. این اسیدهای چرب، نقش مثبت و مهمی در رشد و نمو طبیعی بدن، عملکرد سیستم‌های قلبی عروقی و ایمنی و پیشگیری از برخی بیماری‌های انسانی ایفا می‌کنند (Broadhurst *et al.*, 2002; Kinsella, 1987). مطالعات در این زمینه نشان داده است که مصرف ماهی به دلیل وجود لیپیدهای غیراشباع و به ویژه اسیدهای چرب ω-3 و ω-6 در کاهش علائم و عوارض قلبی مؤثر است (Nordoy *et al.*, 2001) و وجود آنها در رژیم غذایی روزانه می‌تواند حملات قلبی ناگهانی و احتمال ترومبوزیس (از دلایل اصلی حملات قلبی) را کاهش دهد (Hedayatifard and Moeini, 2007). همچنین فواید اسیدهای چرب غیراشباع در تنظیم ضربان قلب (Torrejon *et al.*, 2007) و افزایش توانایی یادگیری به اثبات رسیده است (Shirai *et al.*, 2002).

از آنجایی که اسیدهای چرب ضروری غیراشباع خانواده امگا-۳ و امگا-۶ توسط بدن انسان سنتز نمی‌شوند، لذا باید از طریق تغذیه تامین شوند. بنابراین وجود اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه (PUFA) در ماهیان آب شیرین و دریایی از مزایای ارزشمند مصرف آنها است که نقش مهمی را در حفظ سلامتی انسان با پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، ایفا می‌کند. ماهی اصلی‌ترین منبع ω-3 برای انسان به شمار می‌رود (Hedayatifard, 2009)، بر اساس توصیه انجمن قلب

آمریکا (AHA)، مقدار مصرف ماهی باید حداقل دو بار در هفته باشد تا تأثیرات خود را نشان دهد. بنابراین مصرف ماهی بسیار مورد توجه میباشد (Ozogul *et al.*, 2005).

این موضوع لزوم بررسی ترکیب اسیدهای چرب بافت فیله انواع ماهیان پرورشی و دریایی را نشان می‌دهد. ماهی و ترکیب اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب آن یکی از با ارزشترین مواد غذایی در بین محصولات دامی محسوب می‌شود (هدایتی فرد و پورمولایی، ۱۳۹۵). علاوه بر این، نسبت PUFA/SFA یعنی مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به مجموع اسیدهای چرب اشباع شده (Afkhani *et al.*, 2011)، وجود اسیدهای چرب غیراشباع سری  $\omega$ -3 و  $\omega$ -6 (Ackman *et al.*, 2002; Vaccaro *et al.*, 2008) و مجموع اسیدهای چرب سری  $\omega$ -3 و  $\omega$ -6 (Ackman *et al.*, 2002; Hedayatifard and Jamali, 2008) و نسبت اسیدهای چرب سری  $\omega$ -3 به  $\omega$ -6 (Hedayatifard and Moeini, 2007) و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک و دوکوزاهگزانوئیک (EPA+DHA) (Ackman *et al.*, 2010) و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک و دوکوزاهگزانوئیک (EPA+DHA) (Ackman *et al.*, 2010) از شاخص‌های اصلی سنجش ارزش غذایی ماهیان می‌باشند.

کپورماهیان<sup>۱</sup> از رده ماهیان استخوانی<sup>۲</sup> زیررده شعاع‌بالگان<sup>۳</sup> راسته کپورشکلان<sup>۴</sup>، زیرراسته کپورها<sup>۵</sup> می‌باشند که شامل ۲۲۰ جنس و ۲۴۲۰ گونه هستند که تماماً ساکن آب شیرین بوده و در زمهره پرمصرف‌ترین و باارزش‌ترین ماهیان دنیا هستند (Coad, 2015). ماهی‌آمور<sup>۶</sup> یا کپور علف‌خوار<sup>۷</sup> شباهت زیادی به ماهی سفید دریای مازندران داشته، به طوری که آن را سفید پرورشی نیز می‌نامند. پرورش ماهی‌آمور در استخرهای پرورشی، دریاچه‌های مصنوعی، کانال‌های آبیاری و آبگیرهای طبیعی به‌عنوان یکی از منابع مهم تولید پروتئین محسوب می‌شود. گیاهان آبی منیع اصلی تغذیه ماهی علف‌خوار (آمورسفید) در دوره‌های مختلف رشد می‌باشند.

از بین روش‌های رایج نگهداری ماهی نمک سود کردن (Dry Salting) یکی از قدیمی‌ترین تکنیک‌های شناخته شده محافظت و افزایش طول عمر ماهی و نیز تاثیرگذار بر طعم، رنگ و بافت است و قبل از دیگر روش‌های فراوری نظیر دودی کردن، خشک کردن، کنسرو نمودن و ترد کردن مورد استفاده بوده است (Fuentes *et al.*, 2007). فرآیند نمک‌زنی و جذب نمک به فاکتورهای متعددی شامل گونه، نوع ماهیچه، اندازه ماهی، ضخامت فیله، وزن، حالت فیزیولوژیکی، روش نمک‌زنی، غلظت آب نمک، مدت زمان فرآیند نمک‌زنی و نسبت ماهی به نمک بستگی دارد (Sobukola and Olatunde, 2011). هم‌اکنون فرآیند نمک‌سود کردن به عنوان یک تیمار اسمزی که به طور اساسی به ایجاد خصوصیات حسی و ازگانولپتیکی

Cyprinidae<sup>۱</sup>  
Osteichthyses<sup>۲</sup>  
Actinoptrygi<sup>۳</sup>  
Cypriniforms<sup>۴</sup>  
Cyprinidei<sup>۵</sup>  
Ctenopharyngodon idella<sup>۶</sup>  
Grass carp<sup>۷</sup>

محصول کمک می‌نماید، در نظر گرفته می‌شود (معینی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Boudhrioua et al., 2009). استفاده از نمک علاوه بر بهبود طعم، از طریق فرایند اسمزی باعث خروج مقداری از رطوبت گوشت و کاهش فعالیت آبی آن می‌گردد. در نتیجه خروج آب، رشد باکتری‌ها و فعالیت آنزیم‌ها محدود می‌گردد (هدایتی فرد، ۱۳۹۴).

در این تحقیق، اثر افزودن نمک در تغییرات میزان چربی و اسیدهای چرب چندغیراشباع امگا-۳ فیله نمک‌سود ماهی آمور *Ctenopharyngodon idella* به عنوان یکی از مهمترین ماهیان پرورشی آب شیرین مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش کار

در پاییز ۱۳۹۴ به میزان ۲۰ کیلوگرم ماهی آمور پرورشی با وزن متوسط  $850 \pm 3/50$  گرم و طول متوسط  $20/28 \pm 1/35$  سانتی‌متر، بصورت تازه از بازار ماهی فروشان مازندران تهیه شد. نمونه‌ها پس از شستشو در داخل جعبه‌های یونولیت حاوی یخ (به صورت لایه‌های متناوبی از یخ و ماهی) به آزمایشگاه تغذیه و فرآورده‌های غذایی انتقال داده شدند. دسته‌ای از نمونه‌ها جهت تهیه فیله نمک‌سود با ۲۴ درصد نمک کریستال، پس از شستشوی ماهیان با آب سرد و تخلیه احشائی آنها، به روش خشک و در درجه حرارت محیطی (۲۲ تا ۲۴ درجه سلسیوس) به مدت ۴۸ ساعت نمک‌سود شدند (Doe, 1988).

نمونه فیله‌های خام و نمک‌سود شده پس از سرزنی و شستشو مجدد به قطعاتی با ضخامت ۲ سانتیمتر و وزن تقریبی ۱۰۰ گرم تهیه شدند. بخشی از نمونه‌ها به عنوان نمونه خام (شاهد) و مابقی به عنوان نمونه‌های نمک‌سود مورد ارزیابی‌های شیمیایی قرار گرفتند.

**اندازه‌گیری چربی:** برای استخراج چربی مقدار ۴۰ گرم از نمونه چرخ شده ماهی، به داخل ظرف دکانتور ۵۰۰ میلی لیتری منتقل شد و ۱۶۰ سی سی متانول و به همین میزان کلروفوم به دکانتور اضافه شد. با اضافه شدن آب مقطر به مجموعه، فازها از یکدیگر جدا گردید. نسبت متانول، کلروفوم و آب ۲ : ۲ : ۱/۶ بود. لایه کلروفومی محتوی چربی جدا سازی شد. با خروج حلال و توزین مجدد بالن مقدار روغن و درصد چربی نمونه ماهی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Kirk and Sawyer, 1991):

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{درصد چربی} = \frac{\text{وزن نمونه روغن حسب بر گرم}}{\text{وزن نمونه ماهی حسب بر گرم}} \times 100$$

سنجش پروفایل اسیدهای چرب: GC-7890 A,

(Technol) با دکتور یونیزاسیون شعله‌ای (FID) با ستون موئینه (50m×0.25mm×0.2μm) صورت گرفت (Stansby, 1990)؛ بطوریکه پس از استخراج چربی، استر متیل اسیدهای چرب تهیه و با دستگاه گاز کروماتوگراف اندازه گیری شدند. هلیوم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفت. طی یک برنامه حرارتی درجه حرارت تزریق ۲۴۰°C، ردیاب ۲۸۰°C، ستون ۱۶۰°C، حجم تزریق ۱ میکرو لیتر، دمای ستون ابتدا به مدت ۵ دقیقه در ۱۶۰°C ثابت بود و سپس طی ۵ دقیقه به

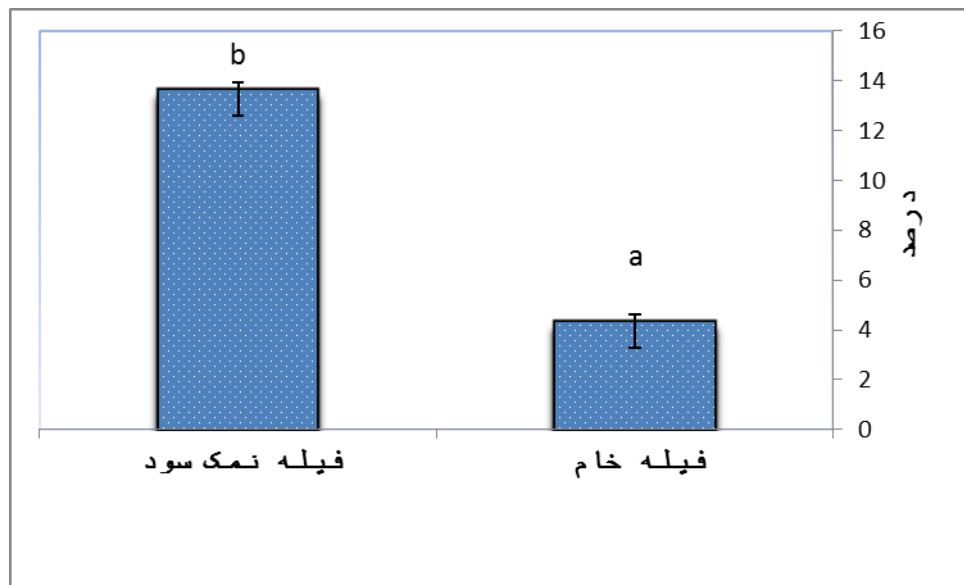
۱۸۰ °C رسیده، ۱۰ دقیقه در این دما ثابت ماند و طی ۵ دقیقه دما به ۲۰۰ °C رسید و پس از یک دقیقه به دمای ۲۲۰ °C رسید و ۵ دقیقه نیز در این دما نگه‌داشته شد تا تمام ترکیبات خارج گردند. گاز حامل هیدروژن (۵/۰ میکرولیتر بر دقیقه)، مقدار تزریق ۱ میکرومتر و نرخ شکافت (Split ratio) ۱:۱۰ بود. متیل استرهای اسید چرب با استفاده از استانداردهای معرف (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) و برحسب g/100g (گرم در صد گرم چربی) تعیین شدند.

### تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف بررسی گردید. با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون ANOVA، ابتدا وجود پارامترهای متفاوت بررسی و سپس با استفاده از آزمون T-Test تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد شناسایی شدند ( $P < 0.05$ ). نمودار با استفاده از Excel 2007 ترسیم شدند.

### نتایج و بحث

نتایج مربوط به تغییرات درصد چربی پس از نمک‌سود کردن و نیز در روش‌های مختلف پخت در شکل ۱ آورده شده است. با نمک‌سود کردن رطوبت از بافت خارج شده و بر میزان مواد خشک افزوده شد. رطوبت بیشترین تاثیر را در این تغییرات داشت و با چربی رابطه معکوس نشان داد. بطوریکه در بافت ماهی آمور، افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی ثبت شد ( $p < 0.05$ ). همچنین نتایج مربوط به تغییرات پروفایل و ترکیب گروه‌های اسیدهای چرب بافت ماهی آمور در شرایط تازه، نمک‌سود و نیز پختن با روش‌های مختلف حرارتی در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. مطابق جدول ۱ و باتوجه به تغییر انفرادی اسیدهای چرب مشخص شده که فرآیند نمک‌سود کردن سبب افزایش درصد برخی اسیدهای چرب از انواع اشباع (مانند استئاریک، C18:0)، غیراشباع (مانند لینولئیک C18:2 و پالمیتولئیک C16:1) و حتی چند غیراشباع امگا-۳ (همانند ایکوزاپنتانوئیک C20:5 و آلفا-لینولئیک C18:3) شد ( $p < 0.05$ ). مطابق جدول ۲ و در مطالعه تغییرات ترکیب و سری‌های اسیدهای چرب ماهی آمور مشخص شد که طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب UFA، PUFA و مجموع امگا-۶ افزایش یافتند ( $p < 0.05$ ) اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت کاهش یافتند ( $p < 0.05$ )



شکل ۱- تغییرات چربی بافت ماهی خام آموور قبل و بعد از نمک‌سود

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

جدول ۱- ترکیب پروفایل اسیدهای چرب فیله ماهی آموور تحت تاثیر نمک‌سود کردن (گرم درصد گرم چربی)

ماهی نمک‌سود	ماهی خام	اسید چرب	
$2/09 \pm 0/07^a$	$1/92 \pm 0/04^a$	C14:0	میرستیک
$25/05 \pm 1/14^a$	$23/04 \pm 1/06^a$	C16:0	پالمیتیک
$2/65 \pm 0/14^b$	$3/31 \pm 0/10^a$	C18:0	استئاریک
$1/22 \pm 0/07^b$	$0/37 \pm 0/06^a$	C16:1 $\omega$ -7	پالمیتولیک
$36/02 \pm 2/23^a$	$34/90 \pm 0/65^a$	C18:1 $\omega$ -9	اولئیک
$15/05 \pm 0/25^b$	$11/26 \pm 0/42^a$	C18:2 $\omega$ -6	لینولئیک
$1/13 \pm 0/12^a$	$0/98 \pm 0/11^a$	C20:4 $\omega$ -6	آراشیدونیک
$1/09 \pm 0/01^b$	$0/21 \pm 0/02^a$	C18:3 $\omega$ -3	$\alpha$ -لینولنیک
$0/21 \pm 0/01^b$	$0/55 \pm 0/02^a$	C20:5 $\omega$ -3	دوکوزاهگزانوئیک*
$0/85 \pm 0/06^a$	$1/06 \pm 0/12^a$	C22:6 $\omega$ -3	دوکوزاهگزانوئیک**
85/36	77/60	مجموع اسیدهای چرب شناخته شده	

\*EPA و \*\*DHA است؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد ( $P < 0/05$ ).

جدول ۲- ترکیب گروه‌های اسیدهای چرب فیله ماهی آمور تحت تاثیر نمک‌سود کردن (گرم درصد گرم چربی)

اسید چرب	ماهی خام	ماهی نمک سود
مجموع اشباع (SFA)	۲۸/۲۷±۱/۲۵ <sup>a</sup>	۲۹/۷۹±۱/۲۲ <sup>a</sup>
مجموع تک غیراشباع (MUFA)	۳۵/۲۷±۲/۲۱ <sup>a</sup>	۳۷/۲۴±۲/۳۰ <sup>a</sup>
مجموع غیراشباع (UFA)	۵۰/۳۲±۱/۸۸ <sup>a</sup>	۵۵/۵۷±۱/۷۱ <sup>b</sup>
مجموع چند غیراشباع* (PUFA)	۲/۸۰±۰/۲۵ <sup>a</sup>	۳/۲۸±۰/۱۵ <sup>b</sup>
نسبت چند غیراشباع به اشباع (PUFA/SFA)	۰/۱۰±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۱۱±۰/۰۴ <sup>a</sup>
نسبت غیراشباع به اشباع (UFA/SFA)	۱/۷۸±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۱/۸۶±۰/۱۱ <sup>a</sup>
مجموع امگا-۳ (ω-3)	۱/۸۲±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۲/۱۵±۰/۱۳ <sup>a</sup>
مجموع امگا-۶ (ω-6)	۱۲/۲۴±۰/۵۰ <sup>a</sup>	۱۶/۱۸±۰/۳۱ <sup>b</sup>
مجموع EPA+DHA	۱/۶۱±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۱/۰۶±۰/۰۳ <sup>b</sup>
نسبت امگا-۳ به امگا-۶ (ω-3/ω-6)	۰/۱۵±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۱۳±۰/۰۳ <sup>a</sup>
شاخص پلی ان** DHA+EPA/C16	۰/۰۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۰۴±۰/۰۱ <sup>b</sup>
مجموع شناسایی شده	۷۷/۶۰	۸۵/۳۶

\* از ۳ پیوند دوگانه به بالا PUFA است. حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار بین تیمارها می باشد ( $P < 0.05$ ).

\*\* شاخص پلی‌ان یا غیراشباعیت چربی Polylen Index

با توجه به نتایج پژوهش مشخص شد که نمک سود کردن موجب افزایش محتوی چربی از ۴/۳۰ به ۱۳/۶۲ درصد شد ( $p < 0.05$ ). افزایش چربی در این فرآیند ناشی از جذب آب توسط نمک و جبران کاهش رطوبت است (هدایتی‌فرد، ۱۳۹۴، Moradi و همکاران، ۲۰۱۱، و Puwastien و همکاران، ۱۹۹۹). خروج رطوبت طی نمک‌سود کردن فیله ماهی آمور نیز از دیگر دلایل افزایش مقدار چربی است بطوریکه در پژوهش کنونی موجب افزایش ۹/۳۲ درصدی چربی شده است ( $P < 0.05$ ). اکسیداسیون چربی در ماهیان، به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسید چرب غیراشباع پس از مرگ دارای اهمیت فراوان می‌باشد و از عوامل اساسی نامطلوب شدن طعم و مزه در آنها محسوب می‌شود.

در اثر فرآیند نمک‌سود کردن برخی اسیدهای چرب اشباع (مانند استئاریک، C18:0)، غیراشباع (مانند لینولئیک C18:2 و پالمیتولئیک C16:1) و حتی چند غیراشباع امگا-۳ (همانند ایکوزاپنتانویک C20:5 و آلفا-لینولئیک C18:3) دستخوش تغییر شدند، بطوریکه هم کاهش و هم افزایش مختصر اما معنی‌دار در آنها دیده شد ( $p < 0.05$ ). اثر کاهندگی نمک بر رطوبت عامل اصلی تغییرات مذکور است (معینی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج نشان داد طی فرآیند نمک‌سود کردن اسیدهای چرب PUFA، UFA و مجموع امگا-۶ (ω-6) افزایش یافتند ( $p < 0.05$ ) اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت کاهش یافتند ( $p < 0.05$ ) که بیانگر اثرات نمک روی این شاخص‌ها بود (معینی و همکاران، ۱۳۹۱). به نظر می‌رسد تاثیرات بیشتر نمک بر روی گروه اسیدهای چرب امگا-۳ و ناشی از تعدد پیوندهای غیراشباع مابین اتم‌های کربن باشد.

از آنجائیکه اکثریت اسیدهای چرب چندغیراشباع در گوشت ماهی از نوع اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ هستند (Hedayatifard and Jamali, 2008; Stansby, 1990; Gladyshev *et al.*, 2006 and 2014) در نتیجه اکسیداسیون و هیدرولیز آنها می‌تواند در کیفیت غذا موثر باشد (Fogerty *et al.* 1990; Ingemansson *et al.* 1993).

مطابق نتایج حاصله، کاهش مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع به علت اثر نمک به عنوان عامل پیش‌اکسیدکننده بر اسیدهای چرب می‌باشد (کردکتولی و هدایتی‌فرد، ۱۳۹۴). نمک اگر چه در غلظت‌های پایین به عنوان ماده پیش‌اکسیدکننده است ولی در غلظت‌های بالاتر از ۲۲ درصد، به عنوان عامل بازدارنده اکسیداسیون است. با مقایسه نتایج حاصل از اسیدهای چرب چند غیراشباع در نمونه‌های خام و نمک‌سود شده، می‌توان نتیجه گرفت که اسیدهای چرب چند غیراشباع به ویژه امگا ۳ و امگا ۶، نسبت به اکسیداسیون حساسیت بیشتری دارند و سریع‌تر اکسید می‌شوند. با توجه به نتایج حاصل، شاخص پلی‌ان (PI) که نشان‌دهنده نسبت  $\frac{EPA+DHA}{C_{16}}$  است، با افزایش زمان نگهداری و نیز افزایش غلظت نمک، افزایش یافته است که با نتایج نعمتی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی اثرات فرآیند شور کردن بر روی شاخصهای کیفی و پروفایل اسیدهای چرب بافت اردک ماهی (*Esox lucius*) در زمان نگهداری در سردخانه، مطابقت دارد. علت شکستن پیوندهای دوگانه موجود در زنجیره اسیدهای چرب غیراشباع، به دلیل مکانیزم اکسیداسیون است که در حضور اکسیژن موجود در محیط اتفاق می‌افتد. مکانیزم اکسیداسیون طی فرآیند نمک‌سود کردن متوقف نمی‌شود اما روند آن کند می‌شود و در تعداد کربن‌ها در زنجیره تغییری ایجاد نمی‌شود بلکه پیوندهای یگانه طی فرآیند اکسیداسیون جایگزین پیوندهای دوگانه می‌شوند.

این بررسی با نتایج معینی و همکاران (۱۳۹۱) بر روی تغییرات اسیدهای چرب ماهی کپور نقره‌ای نمک‌سود شده مطابقت دارد. نتایج تحقیقات Yankah و همکاران (۱۹۹۶) نیز بر روی اسیدهای چرب ماهی ماکرل ژاپنی نمک‌سود شده (با استفاده



از دو نوع نمک معمولی و نمک تصفیه شده) نشان داد که افزایش درجه حرارت در هنگام عمل‌آوری و سپس نگهداری ماهی در شرایط محیطی، اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع را تسهیل می‌سازد. نسبت اسیدهای چرب  $\omega-3/\omega-6$  در "فیله نمک‌سود آمور" نیز در محدوده مطلوب قرار داشت بطوریکه در سایر تحقیقات نیز دیده شد (نورزائی و همکاران، ۱۳۹۴، Gladyshev *et al.*, 2014). همچنین Gladyshev و همکاران (۲۰۱۴ و ۲۰۰۶) نسبت حداقلی ۱۰ درصد اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ را برای محصولات دریایی مناسب دانسته‌اند.

### یافته ترویجی

در مطالعه حاضر نمک‌سود کردن (با جذب رطوبت) موجب افزایش میزان محتوی چربی ماهی شد. همچنین طی این فرآیند اسیدهای چرب غیراشباع (UFA)، چندغیراشباع (PUFA) و مجموع امگا-۶ ( $\omega-6$ ) افزایش یافتند اما مجموع اسیدهای چرب بلندزنجیره EPA+DHA و نیز شاخص غیراشباعیت (PI) کاهش یافتند، که بیانگر اثرات نمک روی اسیدهای چرب با پیوند دوگانه طولانی‌تر بود. چنانچه پیش از مصرف گوشت نمک‌سود ماهی و قبل از پخت کامل آن، به طریقی از میزان نمک موجود در آن کاسته شود؛ این محصول پرفردار مشکلی برای بیماران شامل فشار خون بالا نیز نخواهد داشت.

### منابع

- نعمتی، س.، هدایتی‌فرد، م. و چاشنی‌دل، ی.، ۱۳۹۰. بررسی اثر فرآیند شور کردن بر روی شاخص‌های کیفی و پروفایل اسیدهای چرب بافت اردک ماهی *Esox lucius* در زمان نگهداری در سردخانه، مجله علمی پژوهشی شیلات، ۵ (۲): ۱۶-۱۰.
- نورزائی، خ.، زکی‌پور رحیم‌آبادی، ا. و علیزاده دوغیکلایی، ا.، ۱۳۹۴. بررسی ترکیب شیمیایی و محتوای اسیدهای چرب فیله کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) پس از سرخ کردن سریع، نگهداری به صورت منجمد و سرخ کردن نهایی، علوم و فنون شیلات، ۴ (۴): ۱۲۱-۱۳۳.
- کردکتولی، ف. و هدایتی‌فرد، م.، ۱۳۹۴. ارزیابی ویژگی ماهی قره برون (*Acipenser percicus*) نمک‌سود شده، مجله زیست‌شناسی دریا، ۷ (۴): ۶۶-۵۵.
- معینی، س.، رفیعی طاری، م.، قزوینی، پ. و جلیلی، س.، ۱۳۹۱. بررسی تغییرات اسیدهای چرب ماهی کپور نقره‌ای نمک-سود شده و تعیین زمان ماندگاری آن در شرایط محیطی، نشریه شیلات (منابع طبیعی سابق)، ۶۵ (۴): ۴۲۹-۴۳۸.
- هدایتی‌فرد، م.، ۱۳۹۴. تغییرات شاخص‌های حسی، شیمیایی، باریکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) تحت فرآیند خشک کردن حرارتی و نگهداری تحت خلاء در  $4^{\circ}\text{C}$ ، مجله علمی شیلات ایران، ۲۴ (۴): ۱۲۷-۱۴۳.

هدایتی فرد، م. و پورمولایی، ن.، ۱۳۹۵، مطالعه شاخصهای کیفیت، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان دودی سفید و کفال طلایی بازارهای شمال ایران، مجله علوم و صنایع غذایی (دانشگاه تربیت مدرس)، ۵۷: ۱۴۵-۱۵۸.

Ackman, R.G., McLeod, C., Misra, K.K. and Rakshit, S., 2002. Lipids and Fatty acids of Five Freshwater Food Fish of India, *Journal of Food Lipid*, 9(2): 127-145.

Afkhami Majid, Amin Mokhlesi, Kazem Darvish Bastami, Reza Khoshnood, Nasrin Eshaghi, Maryam Ehsanpour. 2011. Survey of some chemical Compositions and Fatty Acids in Cultured Common Carp (*Cyprinus carpio*) and Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*), Noshahr, Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3 (6): 533-538..

Arts, M. T., Ackman, R. G., and Holub, B. j., 2001. Essential fatty acids in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 122-137.

Boudhrioua, N., Djendoubi, N., Bellagha, S and Kechaou, N. 2009. Study of moisture and salt transfers during salting of sardine fillets. *Journal of Food Engineering*, 94: 83-89.

Broadhurst, C. L., Wang, Y., Crawford, M. A., Cunnane, S. C., Pakigton, J. E., and Schmidt, W. F., 2002. Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: potential impact on early African Homo sapiens. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 131:653-673.

Cahu, C., E. Salen and M.D. Lorgeril, 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values; *Nutrition Metabolism Cardiovascular Disease*, 14: 34-41.

Coad, B., 2015. Freshwater fish of Iran, Esocidae, *Esox lucius*. [ww.briancoad.com](http://ww.briancoad.com), Accessed on 5 Jan 2015.

Connell, J. J. 2002. Quality control in fish industry. Torry Advisory Note, No. 58.

Delgado, C.; Rosegrant, M.; Wada, N., Meijer, S. and Ahmad, M., 2002. Fish as Food: Projections to 2020 under different Scenarios. Markets and Structural Studies Division, International Food Policy Research Institute. Washington, D.C, USA. 29P.

Doe, P.E., 1998. Fish Drying and Smoking: Production and Quality. New York, NY: Taylor & Francis, 270p.

Fogerty, A. C.; Whitfield, F. B.; Svoronos, D. and Ford, G.L., 1990. Changes in the composition of the fatty acids and aldehydes of meat lipids after heating. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol. 25, pp.304-312.

Fuentes, A., Fernandez-Segovia, I., Serra, J.A and Barat, J.M., 2007. Influence of the presence of skin on the salting kinetics of European Sea Bass. *Food Science and Technology International*, 13(3): 199-205.

- Garcia-Arias, MT., Alvarez-Pontes, E., Garcia-Linares, MC., Garcia- Fernandez, MC. and Sanchez-Muniz, FJ., 2003. Grilling of sardines fillets: effects of frozen and thawed modality on their protein quality. *LWT—Food Sci Technol*, 36: 763–9.
- Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Gubanenko, Makhutova, O.N., Kalachova, G.S., Rechkina, E.A., and Malyshevskaya, K.K., 2014. Effect of the Way of Cooking on Contents of Essential Polyunsaturated Fatty Acids in Filets of Zander, *Czech Journal of Food Science*, 32(3): 226-231.
- Gladyshev, M. I., Sushchik, N. N., Gubanenko, G. A., Demirchieva, S. M. and Kalachova, G. S. 2006. Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*, 96(3): 446-451.
- Hedayatifard, M., 2009. Comparative Study of Fatty Acid Composition of Golden Mullet Fillet and Roe Oils (*Liza aurata* Risso, 1810), *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, Vol. 4, No. (4), pp: 209-213.
- Hedayatifard, M. and S. Moeini, 2007. Loss of Omega-3 fatty acids of Sturgeon *Acipenser stellatus* During cold storage. *International Journal of Agriculture and Biology*. 9: 598–601.
- Hedayatifard, M. and Jamali, Z., 2008. Evaluation of omega-3 fatty acid composition in Caspian Sea pike perch (*Sander lucioperca* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 10, 235-237.
- Hedayatifard, M., and Yousefian, M., 2010. The fatty acid composition of golden mullet fillet (*Liza aurata*) as affected by dry-salting. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 3,208-215.
- Ingemansson, T.; Pettersson, A. and Kaufmann, P. , 1993. Lipid hydrolysis and oxidation related to astaxanthin content in light and dark muscle of frozen stored rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Food Science*. Vol. 58, No. 3, pp.513-517.
- Kinsella, J. 1987. Dietary fats and cardiovascular disease. In: *Seafoods and Fish Oils In Human Health and Disease* edited by R. Lees & M. Karel. pp. 1-23. New York & Basel: Marcel Dekker, Inc.
- Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1991. *Pearson's Chemical Analysis of Foods*. (9<sup>th</sup> Ed.) Longman Scientific and Technical. Harlow, Essex, UK. pages?
- Moradi, Y. , Bakar, J. , Motalebi, AA. , Syed Muhamad, SH. and Che Man, Y., 2011. A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. *J Aquat Food Prod Technol* 20: 379–390
- Nordoy, A., Marchioli, R. and Arnesen, H. 2001. N-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. *Lipids* 36, 127-129.
- Ozogul Y., G. Ozyurt, F. Ozogul, E. Kuley and Polat, A., 2005. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods; *Food Chemistry*;92:745-751.
- Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S., Ehara, H., and Wada, S., 2002. Dietary and seasonal effects on the dorsal meat lipid composition of Japanese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus* and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias galipinus*), *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 132: 609–619.
- Sobukola, O.P., and Olatunde, S.O. 2011. Effect of salting techniques on salt uptake and drying kinetics of African catfish (*Clarias gariepinus* ). *Food and Bioproducts Processing*. 89: 170–177.

- Puwastien, P., K. Judprasong, E. Kettwan, K. Vasanachitt, Y. Nakngamanong and Bhattacharjee, L., 1999. Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. *J. Food Composition Analysis*, 12, 9-16.
- Stansby, M.E., 1990. *Fish oils in nutrition*. (1<sup>st</sup> Ed). AVI. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 313p.
- Torrejon, C., U.J. Jung and Deckelbaum, R.J., 2007. N-3 fatty acids and cardiovascular disease: Actions and molecular mechanisms. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 77, 319-26.
- Vaccaro A.M., G. Buffa, C.M. Messina, A. Santulli and A. Mazzola, 2005. Fatty acid composition of a cultured sturgeon hybrid (*Acipenser naccarii* × *A. baerii*). *Food Chemistry*. 93, 627-631.
- Yankah, V.V., Ohshima, T and Ushio, H., 1996. Study of the differences between two salt qualities on microbiologylipid and water-extractable components of Momoni a Ghanaian Fermented fish product. *Journal of Food Agriculture*, 71, 33-40.