فصلنامه علمی ـ پژوهشی دورهٔ ٤، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٤، صفحه ٣٥- ٥٠

# ترکیب اسیدهای چرب، محتوای چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) تغذیه شده با سطوح مختلف ماکرونوترینت

**سیده صدیقه بابایی[1]، عبدالمحمد عابدیان کناری[2]*، مهدی هدایتی[3]، محمد علیزدانی ساداتی[4]**

١- دانشجوی دکتری، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

٢- استاد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

٣- دانشیار، مرکز تحقیقات سلولی مولکولی، انستیتو تحقیقات علوم درونریز، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

٤- استادیار، انستیتو تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران

دریافت : ١٣٩٤/٠٥/١٩ پذیرش :١٣٩٤/٠٩/٠٤

*نویسنده مسئول : aabedian@modares.ac.ir

**چکیده:**

در مطالعه حاضر، تأثیر سطوح مختلف ماکرونوترینت جیره بر تغییرات اسیدهای چرب، چربی بدن و فعالیت آنزیم لیپاز در تاس‌ماهی سیبری بررسی شد. در این آزمایش، یک گروه از ١٨٠ قطعه بچه تاس‌ماهی سیبری (وزن اولیه ٥±٣٠ گرم) با ٤ جیره با سطح انرژی یکسان تغذیه شدند. جیره‌ها به‌ترتیب LP-St (پروتئین پایین و نسبت کربوهیدرات به چربی بالا)؛ HP-St (پرتئین بالا و نسبت کربوهیدرات به چربی بالا)، LP-L (پروتئین پایین و نسبت کربوهیدرات به چربی پایین) و HP-L (پروتئین بالا و نسبت کربوهیدرات به چربی پایین) نام‌گذاری شدند. ماهیان به مدت ده هفته و در سطح اشباع تغذیه شدند. نمونه‌برداری از بافت بدن و همچنین روده بچه ماهیان صورت گرفت. در این مطالعه از دو منبع روغن ماهی و روغن آفتاب‌گردان با نسبت یکسان به‌عنوان منبع چربی جیره استفاده شده است. ترکیب اسیدهای چرب HUFA در جیره HP-St و LP-L به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بودند. نتایج نشان داد ترکیب اسیدهای چرب بافت بدن به‌طور معناداری تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب جیره هستند ($p<0/05$). جیره‌هایی با پروتئین و کربوهیدرات بالا سبب تجمع SFA و MUFA در بافت این ماهیان شده است. در تاس‌ماهیان تغذیه شده با جیره محتوای چربی بالا، محتوای PUFA در بافت بدن افزایش یافت. نتایج این مطالعه نشان داد تجمع چربی در بافت بدن تحت تأثیر میزان کل محتوای چربی جیره می‌باشد و فعالیت آنزیم لیپاز در روده تاس‌ماهی سیبری در جیره LP-L تحت تأثیر میزان کم HUFA، کاهش یافته است.

**کلید واژگان:** تاس‌ماهی سیبری، اسید چرب، لیپاز پانکراسی، چربی



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

**مقدمه**

در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به صنعت آبزی‌پروری و توسعه پرورش گونه‌های جدید در ایران شده است که در این میان پرورش ماهیان خاویاری به‌عنوان یک صنعت موفق در تولید خاویار و گوشت (Geraylou et al., 2012) قابل ملاحظه است. در حال حاضر بسیاری از جمعیت‌های ماهیان خاویاری دریای خزر به‌علت صید بی‌رویه، از بین رفتن بسترهای تخم‌ریزی و آلودگی آب، در گروه گونه‌های به‌شدت در خطر انقراض قرار گرفته‌اند (IUCN Red Data List, 2012). از این‌رو بسیاری از تحقیقات در سال‌های اخیر بر روی پرورش تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii,* Brandt, 1869) به‌منظور آبزی‌پروری و کاهش فشار صید بر گونه‌های بومی در ایران متمرکز شده است. تاس‌ماهی سیبری یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی در سراسر جهان است (Shi et al., 2009). این گونه می‌تواند به‌عنوان یک مدل زیستی برای مطالعات فیزیولوژی و تغذیه‌ای تاس‌ماهیان بومی که شایان توجه از نقطه نظر پرورش و بازسازی ذخایر هستند، قرار گیرد (Fontagne et al., 2006). بنابراین پیش از هر اقدامی در زمینه پرورش این گونه و سازگار کردن آن با سیستم‌های پرورشی ایران باید مطالعاتی پایه بر روی رشد، تغذیه و فیزیولوژی آن انجام گیرد.

ماهی منبع فوق‌العاده‌ای از اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (n-3) است (Mozaffarian and Wu, 2012). نسبت اسیدهای چرب مختلف به‌ویژه اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) در بین گونه‌های مختلف، تحت تأثیر جیره، اندازه، سن، دما، دورهٔ تولیدمثلی و شوری متفاوت است (Ackman, 2008; Inhamuns and Franco, 2008). برای مثال در ماهیان آب شیرین از مناطق جغرافیایی یکسان میزان اسید چرب ١٨:١، ١٤/٢– ٣٢/٦٪؛ ٦–n٣:١٨، ١/٤– ١٤٪؛ ٣–n٣:١٨، ٠/٠٦– ٠/٦٢٪؛ ٣–n٥:٢٠، ٢– ١١/٣٪ و ٣–n٦:٢٢، ٢/١– ١٨/٦٪ می‌باشند (Nieminen et al., 2014). همچنین محتوای چربی بدن و ترکیب اسیدهای چرب بدن ماهی در تمام دوره زندگی، تابعی از محتوای اسیدهای چرب غذای مصرفی است (Sargent et al., 2002). در واقع، غذا مهم‌ترین عامل محیطی است که ترکیب اسیدهای چرب و میزان چربی بافت بدن را در ماهی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Millamena, 1996). ترکیبات اسید چرب به‌دلیل اهمیت ساختاری و فیزیولوژیکی آنها (به‌عنوان پیش ماده مولکول‌های فعال فیزیولوژیکی) از نقطه نظرهای مختلف بررسی شده است. برای مثال ترکیبات اسید چرب و چربی بافت در ارتباط با عادت‌های غذایی، ارزش غذایی، گرسنگی، تغییرات تنظیم اسمزی و عادت مهاجرت در میان گونه‌ها ارزیابی شده است (Gunasekera et al., 1999). مطالعات زیادی در زمینه ترکیب اسیدهای چرب تاس‌ماهیان در ارتباط با جیره و همچنین در دوران تکامل لاروی در ایران و جهان انجام گرفته که می‌توان به مطالعه سه گونه تاس‌ماهی پرورشی *transmontanus* (Badiani et al., 1997)، تاس‌ماهی سفید (*Acipenser* (Gawlicka et al., 2002)، هیبرید تاس‌ماهی سیبری و تاس‌ماهی سبز (*A. medirostris*) (Jankowska et al., 2005)، تاس‌ماهی روسی (*A. gueldenstaedtii*) (Sener et al., 2005)، هیبرید تاس‌ماهی سیبری و تاس‌ماهی آدریاتیک (*A. naccarii*) (Vaccaro et al., 2005)، فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*) (Abedian-Kenari et al., 2009; Hosseini et al., 2010; Ghomi et al., 2013)، تاس‌ماهی سیبری (Nieminen et al., 2014) و

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

تـاس‌مـاهی ایرانـی (*A. persicus*) (Babaei et al., 2012) اشاره کرد.

آنزیم لیپاز نوعی آنزیم تجزیه‌کننده چربی است که در پاسخ به تری‌گلیسیرید موجـود در غـذا، از پـانکراس بـه داخل لومن روده ترشـح مـی‌شـود (Zambonino Infante and Cahu, 2001). تا به‌حال مطالعات متعددی بـر روی فعالیت آنزیم‌های گوارشی در تـاس‌ماهیـان انجـام شـده اسـت (Furne et al., 2008; Askarian et al., 2011; Babaei et al., 2011; Noori et al., 2012). در برخـی مطالعات نشان داده شده کـه فعالیـت لیپـاز تحـت تـأثیر افزایش محتوای چربی جیـره نیسـت، بلکـه گـاهی نـوع اسیدهای چرب موجود در جیره فعالیـت لیپـاز را تحـت تـأثیر قـرار مـی‌دهـد (Morais et al., 2004). از ایـن‌رو مطالعه و بررسی تأثیر ترکیـب اسـیدهای چـرب جیـره و محتوای چربی آن بر روی ترکیب اسیدهای چرب بافـت بدن و فعالیت لیپاز، قابل تأمل است.

با توجه به اهمیـت مطالعـات تغذیـه‌ای و فیزیولـوژی هضم تاس‌ماهی سیبری به‌عنوان گونه جدیـد پرورشـی در ایران و با توجه به اینکه تا به‌حال تحقیقـی در ایـن زمینـه روی این گونه انجام نگرفته است، در مطالعه حاضـر تـأثیر جیره‌های مختلف (تفاوت در سـطوح ماکرونوترینـت) بـر تغییرات اسیدهای چرب، چربی بافت بدن و فعالیت آنـزیم لیپاز در گونه مذکور بررسی شده است.

## مواد و روش کار

**سیسـتم پـرورش:** ایـن آزمـایش در مرکـز تحقیقـات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خـزر-گـیلان انجـام شـد. به‌منظور انجام آزمایش، تعداد ۱۸۰ قطعه بچه تاس‌ماهی سیبری (با وزن اولیه ۵±۳۰ گرم)، به‌طور تصادفی در ۱۲ عدد تانک مدور فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (۱۵ عدد در هر تانک) با حجم آبگیری ۳۵۰-۴۰۰ لیتر، مجهـز بـه یـک خروجی و یک ورودی جریان‌دار، توزیـع شـدند. بـرای سازگاری با محیط آزمایش ابتدا ماهیان به‌مدت یک هفته با جیره تجاری (شرکت بیومار، فرانسه)، غذادهی شدند (Bagherzadeh Lakani et al., 2013). هـر تانـک بـا استفاده از یک سنگ هوا، هوادهی شد و دوره نوری در زمان انجام تحقیق به‌صورت طبیعی استفاده گردید. هـر روز تمامی تانک‌ها به‌منظور خروج ضـایعات و مـدفوع سیفون شدند. غذادهی در حد اشباع و به‌صورت دسـتی در سه نوبت در شبانه روز (ساعات ۸:۳۰، ۱۵ و ۲۱:۳۰) انجام گرفـت. دمـا، اکسـیژن محلـول، pH، و دبـی آب به‌ترتیب ۴ ± ۲۲/۵ °C، ۱/۵ ± ۷/۱ (میلی‌گرم بر لیتـر)، ۸-۷ و ۰/۵ ± ۴/۵ (لیتر بر دقیقه) اندازه‌گیری شد. بچه ماهیان به‌مدت ۱۰ هفته در سطح اشـباع تغذیـه شـدند. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

**فرمولاسیون جیره‌های آزمایشی:** مواد اولیـه و ترکیـب جیره در جدول ۱ نشان داده شده است. ۴ تیمار غذایی بـا انرژی یکسان (انرژی ناخالص ۰/۴±۱۹/۹ کیلوژول بر گرم وزن خشـک) بـا سـطوح مختلـف پـروتئین، چربـی و کربوهیدرات تهیـه شـده اسـت. جیـره‌هـا بـه‌ترتیـب زیـر نام‌گـذاری شـدند: LP-St (پـروتئین پـایین (۳۸درصـد) و نسبت کربوهیـدرات: چربـی بـالا)؛ HP-St (پـروتئین بـالا (۴۴درصـد) و نسـبت کربوهیـدرات: چربـی بـالا)؛ LP-L (پروتئین پایین (۳۸درصد) و نسبت کربوهیـدرات: چربـی پـایین) و HP-L (پـروتئین بـالا (۴۴درصـد) و نسـبت کربوهیدرات: چربی پایین). فرمولاسیون جیره‌ها با اسـتفاده از نرم‌افزار لینـدو (Lindo copyright releases, 6.11998) صورت گرفت.



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

**جدول** ١ اغلام و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی جهت پرورش تاسماهی سیبری

| ترکیب جیره (٪) | HP-L | LP-L | HP-St | LP-St |
|---|---|---|---|---|
| | 44P16L22C | 38P18L25C | 44P10L30C | 38P12L36C |
| پودر ماهی * | ٥٨/٨٦ | ٤٩/٣ | ٥٧/١ | ٤٦/٢٤ |
| آرد گندم | ١٧/٩٨ | ٢١/٢ | ٣٢/٩٦ | ٣٩/٨٨ |
| روغن ماهی ‡ | ٤/٣٥ | ٦/٢٢ | ١/٧٤ | ٣/٢٢ |
| روغن آفتابگردان† | ٤/٣٥ | ٦/٢٢ | ١/٧٤ | ٣/٢٢ |
| لیسیتین سویا § | ٠/٥ | ٠/٥ | ٠/٥ | ٠/٥ |
| مونو کلسیم فسفات | ٠/٥ | ٠/٥ | ٠/٥ | ٠/٥ |
| مخلوط معدنی ¶ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ |
| مخلوط ویتامینی‖ | ١/٥ | ١/٥ | ١/٥ | ١/٥ |
| ضد قارچ | ٠/٢٥ | ٠/٢٥ | ٠/٢٥ | ٠/٢٥ |
| آنتی اکسیدانت ‡‡ | ٠/٠٢ | ٠/٠٢ | ٠/٠٢ | ٠/٠٢ |
| فیلر♦ | ٨/١٩ | ١٠/٧٩ | ٠/١٧ | ١/١٦ |
| بایندر ◊ | ١/٥ | ١/٥ | ١/٥ | ١/٥ |
| جمع کل | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ |
| ترکیب شیمیایی (وزن خشک ٪) | | | | |
| رطوبت | ٥/٩ ±٠/٨ | ٥/٨ ± ٠/٣ | ٥ ± ٠/٩ | ٥ ±٠/٠ |
| پروتئین | ٤٣/٩ ± ٠/٥ | ٣٨/٢ ± ٠/٣ | ٤٤/١ ± ٠/٣ | ٣٧/٩ ± ٠/٤ |
| چربی | ١٥/٧ ± ٠/٩ | ١٧/٥ ± ٢/١ | ١٠ ± ٠/٧ | ١١/٥ ± ١/١ |
| کربوهیدرات | ٢١/٩ ± ٠/٤ | ٢٤/٩ ± ٢/٨ | ٣٠/٢ ± ٠/٨ | ٣٥/٩ ± ١/٤ |
| خاکستر | ١٢/٦ ± ٠/٦ | ١٣/٥ ± ٠/٥ | ١٠/٧ ± ٠/٦ | ٩/٧ ± ٠/٠٤ |
| نسبت کربوهیدرات: چربی | ١/٤ | ١/٤ | ٣ | ٣/١ |
| انرژی (Kj/g dw) †† | ٢٠/٣ | ٢٠/٢ | ١٩/٦ | ١٩/٧ |

* پودرماهی کیلکا (غذای دام و آبزیان مازندران (Manaqua) و شرکت پارس کیلکا)

‡ روغن کیلکا (Manaqua)

† روغن آفتابگردان (شرکت لادن)

§ لیسیتین سویا غنی شده با فسفاتیدیل کولین (شرکت بهپاک بهشهر)

¶ مخلوط معدنی شامل ($mg\ Kg^{-1}$): آهن ٦٠٠٠، مس ٦٠٠، منگنز ٥٠٠٠، روی ١٠٠٠٠، ید ٦٠٠، سلنیوم: ٢٠، کبالت ١٠٠، کولین کلراید ٦٠٠٠ وکریر تا یک کیلوگرم می باشد.

‖ مخلوط ویتامینی شامل ($Unit\ Kg^{-1}$): A (١٢٠٠٠٠٠ IU)، $D_3$ (٤٠٠٠٠٠ IU)، E (٥٠٠٠٠ mg)، $K_3$ (٨٠٠ mg)، C (٣٠٠٠٠ mg)، B1 (٢٥٠٠ mg)، B2 (٤٠٠٠ mg)، B6 (٢٥٠٠٠ mg)، B9 (١٠٠٠ mg)، B12 (٨ mg)، بیوتین (١٥٠ mg)، نیاسین (٣٥٠٠٠ mg)، اینوزیتول (٥٠٠٠٠ mg) و کریر تا یک کیلوگرم می باشد.

‡‡ آنتی اکسیدانت (شرکت Gluba Tiox، فرانسه)

♦ کربوکسی متیل سلولز (شرکت DAEJUNG ، کره)

◊ آمت بایندر (شرکت افراز مهرتابان)

** کربوهیدرات(٪)= (پروتئین + چربی + خاکستر + رطوبت) – ١٠٠

†† انرژی بر اساس یک گرم پروتئین ٢٣/٦ کیلوژول، یک گرم چربی ٣٩/٥ کیلوژول و یک گرم کربوهیدرات ١٧/٢ کیلوژول محاسبه شد (NRC, 1993).



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

**نمونه‌برداری:** در پایان آزمایش به‌منظور نمونه‌برداری ۲ عدد ماهی از هر تکرار (٦ قطعه از هر تیمار) (Fuentes et al., 2012) برداشت شد. ماهیان با ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پودر گل میخک بیهوش (Yarmohammadi et al., 2012) و سپس با ضربه محکم به سر کشته شدند (Perez-Jimenez et al., 2009). روده ماهیان به‌منظور سنجش آنزیمی در ازت مایع دمای ۱۹٦- درجه سانتی‌گراد تثبیت و سپس به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند. لاشه‌ها نیز پس از تخلیه شکمی و جداسازی سر، به‌منظور آنالیز اسید چرب و چربی بافت در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

**اندازه‌گیری چربی و پروفیل اسیدهای چرب:** میزان چربی جیره‌های آزمایشی و لاشه بچه ماهیان به روش AOAC (۲۰۰۵) و با استفاده از دستگاه soxtec system (مدل2050foss ساخت کشور سوئد) ارزیابی شد.

تعیین ترکیب اسید چرب در دو مرحله شامل استخراج چربی و استری کردن چربی انجام شد (Folch et al, 1957; Firestone et al, 1998). استخراج چربی، با استفاده از متانول و کلروفرم انجام شد و استری کردن چربی با استفاده از سود متانولی ۲درصد و BF3 (تری بور فلوراید) انجام گرفت. بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه و جیره با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) فیلیپس مجهز به ستون کاپیلاری از نوع SGE BPX70(60m*0/32mm ID*0/25) و آشکارساز نوع flame ionization detector (FID) و انجکتور مدل ۱۱۷۷ انجام شد. دمای آشکارساز و محل تزریق به‌ترتیب بر روی ۲٦۰ و ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. در این روش از گاز هلیم به‌عنوان گاز حامل، گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت، ازت به‌عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به‌دست آمده در محلول استاندارد، اسیدهای چرب موجود در نمونه شناسایی شد و نتایج به‌صورت درصد گزارش گردید.

**تهیه عصاره آنزیمی و سنجش لیپاز:** برای تهیه عصارهٔ آنزیمی از روش Harpaz و همکاران (۱۹۹٤) استفاده شد. براساس این روش، نمونه بافت با نسبت وزنی- حجمی ۱ به ۵ و با استفاده از بافر هموژنات سرد (Tris-HCl ۵۰ میلی‌مولار pH، ۸/۵ حاوی CaCl2 ۲۰ میلی‌مولار و KCl ۵۰ میلی‌مولار) به‌مدت ۳۰ ثانیه در کنار یخ هموژن شده و در ادامه نمونهٔ هموژن شده در دور g ۱۷۰۰۰ به‌مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ٤ درجهٔ سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و سوپرنتنت به‌دست آمده در۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سنجش آنزیم لیپاز با استفاده از هیدرولیز P-nitrophenyl myristate به‌عنوان سوبسترا در متوکسی اتانول ۰/۲۵ میلی‌مولار، sodium cholate ۵ میلی‌مولار و Tris-HCL ۰/۲۵ مولار در ۹ pH انجام شد. فعالیت اختصاصی لیپاز برابر است با آزادسازی یک میکرو مول پارا- نیتروفنل در یک دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد که در ٤۰۵ نانومتر خوانده شد (Iijima et al., 1998). میزان فعالیت ویژه لیپاز بر مبنای U/mg protein محاسبه گردید. برای سنجش میزان پروتئین محلول نمونه‌ها از روش Bradford (۱۹۷٦) استفاده شد.

**آنالیز آماری**: با توجه به طبیعی بودن داده‌ها و همگنی واریانس، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One – Way ANOVA) انجام شد.



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به‌صورت میانگین ±SD گزارش گردید. از نرم‌افزار (version 22) SPSS برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودار و جداول استفاده شد.

## نتایج

ترکیب اسیدهای چرب جیره و بچه ماهیان به‌ترتیب در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. بین ترکیب اسیدهای چرب، در تیمارهای مختلف اختلاف معناداری وجود دارد ($p<۰/۰۵$).

**جدول ۲** ترکیب اسیدهای چرب جیره های آزمایشی

| Fatty acid in Diets | LP-St | HP-St | LP-L | HP-L |
|---|---|---|---|---|
| **C14:0** | ۱/۸±۰/۱ | ۲±۰/۱ | ۱/٦±۰/۲ | ۱/۸ ±۰/۱ |
| **C16:0** | ١٤/٤±١/٤ | ١٣/٩±٠/٨ | ١٣/٨±٠/٥ | ١٥/٣±٠/٠ |
| **C18:0** | ٣/٤±١ | ٢/٧±١/٣ | ٣/٨±٠/٢ | ٣/٣±١/٢ |
| **C20:0** | ١/١±٠/١ | ١/٣±٠/١ | ١/٢±٠/٠ | ١/٢±٠/٠ |
| ***Σ SFA*** | ٢٠/٧±٢/٦ | ١٩/٩±٢ | ٢٠/٥±٠/٦ | ٢١/٦±١/٢ |
| **C14:1n5** | ٠/٣٨±٠/٠٢ | ٠/٤٤±٠/١ | ٠/٣٤±٠/٠١ | ٠/٣٨±٠/٠٢ |
| **C16:1n7** | ٣/٢±٠/٢ | ٣/٦±٠/٢ | ٣±٠/١ | ٣/٢±٠/٣ |
| **C18:1n9** | ٢٩±٠/٦ | ٢٩/٩±٠/٥ | ٢٩/١±٠/٣ | ٢٩±٠/٤ |
| **C22:1n-9** | ١/٢±٠/٥ | ١/١±٠/١ | ١/٤±٠/١ | ١/١±٠/١ |
| ***Σ MUFA*** | ٣٣/٧±٠/٦ | ٣٤/٩±٠/٦ | ٣٣/٨±٠/٢ | ٣٣/٧±٠/١ |
| **C18:2n6** | ٢٢/٣±٠/٤ | ١٧/٩±٠/٤ | ٢٤/٣±٠/٤ | ٢١±٠/٧ |
| **C18:3n3** | ١/٤±٠/٢ | ١/٥±٠/٠ | ١/٣±٠/٠ | ١/٢±٠/٢ |
| **C20:2n-6** | ٠/٣±٠/١ | ٠/٣±٠/١ | ٠/١±٠/١ | ٠/٢±٠/٠ |
| **C20:3n3** | ٠/٥±٠/١ | ٠/٣±٠/٢ | ٠/٦±٠/١ | ٠/٦±٠/٢ |
| **C20:4n6** | ٠/٢±٠/٠ | ٠/٢±٠/٠ | ٠/٢±٠/١ | ٠/٢±٠/١ |
| **C20:5n-3** | ٣/٣±٠/٣ | ٣/٧±٠/١ | ٣/١±٠/١ | ٣/٢±٠/٢ |
| **C22:6n3** | ١٢/٤±٠/٣ | ١٥±٠/٤ | ١١/٧±٠/٣ | ١٢/٧±٠/١ |
| ***ΣHUFA*** | ١٦/٧±٠/٥ | ١٩/٥±٠/٣ | ١٥/٨±٠/٢ | ١٧±٠/٤ |
| ***ΣPUFA*** | ٤٠/٣±٠/٦ | ٣٩±٠/٤ | ٤١/٣±٠/٣ | ٣٩/٣±٠/٨ |
| ***Σ n-3*** | ١٧/٦±٠/٢ | ٢٠/٥±٠/٣ | ١٦/٧±٠/٢ | ١٧/٨±٠/٢ |
| ***Σ n-6*** | ٢٢/٨±٠/٤ | ١٨/٤±٠/٤ | ٢٤/٦±٠/٤ | ٢١/٥±٠/٧ |
| ***n-3/n-6*** | ٠/٧٧±٠/٠ | ١/١±٠/٠٣ | ٠/٦٧±٠/٠١ | ٠/٨٢±٠/٠٢ |
| ***Total*** | ٩٤/٨±١/٥ | ٩٣/٨±١/٦ | ٩٥/٦±٠/٨ | ٩٤/٥±١/٧ |

میانگین± SD . *SFA*: اسیدهای چرب اشباع؛ *MUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع تک زنجیره؛ *PUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره؛ *HUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره بلند.



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

**جدول ۳** ترکیب اسیدهای چرب بافت تاسماهی سیبری پرورشی

| Fatty acid in S6 | LP-St | HP-St | LP-L | HP-L |
|---|---|---|---|---|
| **C14:0** | ۱/۳±۰/۰۹ | ۱/۵±۰/۰۶ | ۱/٤±۰/۰۵ | ۱/٦±۰/۰۵ |
| **C16:0** | ۱٤/۵±۰/۷۵ bc | ۱۷/۸±۰/۳٤ a | ۱۳/۹±۰/٤۷ c | ۱۵/۳±۰/٤۳ b |
| **C18:0** | ۱/۷±۰/۰۳ ab | ۱/۵±۰/۰۷ c | ۱/۸±۰/۰٤ a | ۱/٦±۰/۱ bc |
| **C20:0** | ۱/٤±۰/۱۲ | ۱/٤±۰/۱۲ | ۱/۳±۰/٤ | ۱/٤±۰/۰۵ |
| **Σ SFA** | ۱۸/۹±۰/٦۷ c | ۲۲/۱±۰/۲۲ a | ۱۸/٤±۰/۵۲ c | ۲۰±۰/۵۹ b |
| **C14:1n5** | ۰/۳±۰/۰۲ b | ۰/٤±۰/۰۳ ab | ۰/۳±۰/۰۲ b | ۰/٤±۰/۰۲ a |
| **C16:1n7** | ۳/۳±۰/۱۹ c | ٤/۹±۰/۲۳ a | ۳/۳±۰/۰۸ c | ۳/۸±۰/۰۷ b |
| **C18:1n9+7** | ۳۱/۹±۰/۲٤ b | ۳٤/۹±۰/۷۸ a | ۳۲/۳±۰/۵۸ b | ۳۲/۸±۱/٤۸ b |
| **C22:1n-9** | ۱/۷±۰/۱۱ a | ۱/٤±۰/۱۷ ab | ۱/٤±۰/۰٤ ab | ۱/۲±۰/۳۲ b |
| **Σ MUFA** | ۳۷/۲±۰/۱۵ b | ٤۱/۵±۰/۷٦ a | ۳۷/۳±۰/٦۱ b | ۳۸/۲±۱/۱٦ b |
| **C18:2n6** | ۱۷/۲±۰/۵۸ c | ۱۲/٤±۰/٦٦ d | ۲۰/۵±۰/۷ a | ۱۸/٤±۰/۳ b |
| **C18:3n3** | ۱/۱±۰/۰۲ | ۱/۱±۰/۰۲ | ۱/۱±۰/۱۷ | ۱/۱±۰/۰۳ |
| **C20:2n-6** | ۰/۲±۰/۰۵ b | ۰/۲±۰/۰۷ b | ۰/٤±۰/۱۷ a | ۰/۲±۰/۰۱ b |
| **C20:3n3** | ۰/۳±۰/۰۷ | ۰/۳±۰/۰۸ | ۰/٤±۰/۲۹ | ۰/۵±۰/۱۳ |
| **C20:4n6** | ۰/٤±۰/۰٦ | ۰/٤±۰/۰۸ | ۰/٤±۰/۰۳ | ۰/٤±۰/۰۵ |
| **C20:5n-3** | ۱/۹±۰/۰۳ b | ۱/۹±۰/۰۱ b | ۲/۱±۰/۰۹ a | ۲/۱±۰/۰۸ a |
| **C22:6n3** | ۱۲/۳±۱/٦٦ | ۱۲/۳±۱/٤۵ | ۱۲/۱±۰/۵۸ | ۱۲/۲±۱/۱۷ |
| **ΣHUFA** | ۱۵/۱±۱/٦۷ | ۱۵/۱±۱/۵۱ | ۱۵/٤±۰/٦ | ۱۵/۵±۱/۲۵ |
| **ΣPUFA** | ۳۳/٤±۲/۲٤ b | ۲۸/٦±۰/۹۸ c | ۳۷±۰/۱۲ a | ۳۵±۰/۰۳ ab |
| **Σ n-3** | ۱۵/٦±۱/۷۷ | ۱۵/٦±۱/۵ | ۱۵/٦±۰/۸۱ | ۱۵/۹±۱/۲٦ |
| **Σ n-6** | ۱۷/۸±۰/۵ c | ۱۳±۰/٦۵ d | ۲۱/۳±۰/۸۹ a | ۱۹/۱±۰/۲۹ b |
| **n-3/n-6** | ۰/۹±۰/۰۸ b | ۱/۲±۰/۱۷ a | ۰/۷±۰/۰۷ b | ۰/۸±۰/۰۸ b |
| **Total** | ۸۹/۵±۱/۹۸ | ۹۲/۲±۰/۱ | ۹۲/٦±۰/۸٦ | ۹۳/۲±۰/۷٤ |

میانگین± SD . *SFA*: اسیدهای چرب اشباع؛ *MUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع تک زنجیره؛ *PUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره؛ *HUFA*: اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره بلند. ($P < 0.05$).

در بین اسیدهای چرب اشباع، بیشترین میزان مربوط به اسید چرب (Palmitic acid) ۱٦:۰ است که به تبع آن مجموع اسیدهای چرب اشباع (ΣSFA) در تیمار HP-St بیشترین مقدار (۰/۲۲ ± ۲۲/۱ ٪) است ($p<۰/۰۵$). مجموع اسیدهای چرب تک زنجیره غیراشباع (ΣMUFA) نیز در تیمار مذکور بالاترین میزان (۰/۸ ± ٤۱/۵ ٪) است ($p<۰/۰۵$).

از میان اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA)، اسیدهای چرب C18:2n-6، C20:2n-6و C20:5n-3 (EPA) از لحاظ آماری اختلاف معناداری دارند. بیشترین میزان اسید چرب EPA در تیمار پروتئین پایین- چربی بالا (LP-L) مشاهده شده است ($p<۰/۰۵$) در حالی‌که کمترین میزان PUFA مربوط به تیمار پروتئین بالا- کربوهیدرات بالا (HP-St) (۱± ۲۸/٦ ٪) است. تفاوت

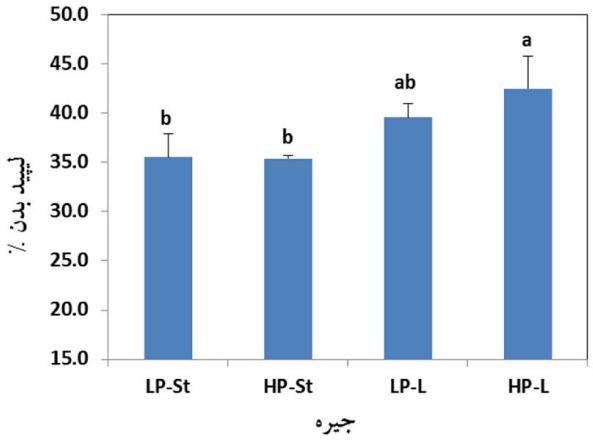


[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

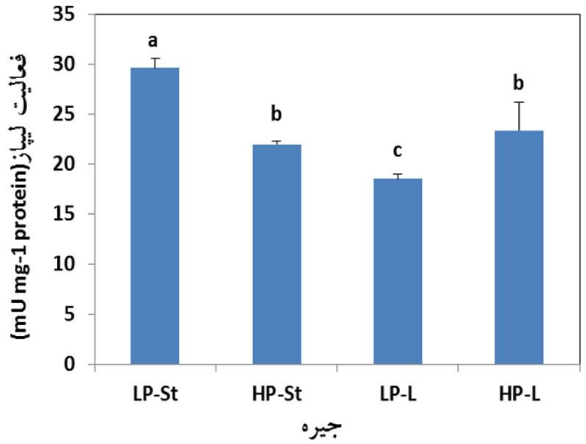
[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

معناداری در بین اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلند (HUFA) و n-3 مشاهده نشده است. نسبت n3/n6 نشان داده است که بیشترین میزان مربوط به تیمار HP-St(۰/۲ ± ۱/۲) است و در بین تیمارهای دیگر اختلاف معناداری به لحاظ آماری وجود ندارد. در دو تیمار ماهیان تغذیه شده با چربی بالا (LP-L و HP-L)، چربی بافت افزایش یافته که به‌ترتیب ٤٠ و ٤٢/٥ درصد است (p<۰/۰۵) و در دو تیمار HP-St و LP-St درصد چربی ۳۵/۵ است (نمود ار ۱).

آنزیم لیپاز بالاترین میزان فعالیت را در تیمار پروتئین پایین- کربوهیدرات بالا (LP-St) نشان داده است (۳۰ ±۱U/mg protein) و پایین‌ترین میزان فعالیت مربوط به تیمار تغذیه شده با جیره LP-L است (p<۰/۰۵) (نمودار ۲).




**نمودار ۱** چربی کل بافت تاسماهی سیبری (میانگین± SD).




نمودار ۲ فعالیت اختصاصی لیپاز پانکراسی (میانگین± SD).



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

**بحث**

چربی‌ها و اسیدهای چرب به سبب منبع انرژی در بدن، ترکیبات ساختمانی غشای سلولی، پیش‌ساز پروستاگلاندین‌ها و هورمون‌های استروئیدی با کارکردهای فیزیولوژیک متنوع در رشد و تولید مثل از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Afshar mazandaran, 2002). مطالعات مختلف نشان داده است که ترکیب اسیدهای چرب بدن به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر ترکیب جیره است (Nieminen et al., 2014). بیشترین اسیدهای چرب در بافت تاس‌ماهی سیبری در مطالعه حاضر C16:0، C18:1n9، C18:2n6 و C22:6n3 می باشند که این ٤ نوع اسید چرب دارای بیشترین میزان در جیره‌های ساخته شده برای این ماهی هستند. این نتایج با مطالعه Vaccaro و همکاران(۲۰۰۵) بر روی تاس‌ماهی هیبرید (*A. naccarii***A. baerii*) مطابقت دارد. به‌طور کلی اولئیک اسید C18:1n9 و پالمیتیک اسید C16:0 جزء اسیدهای چرب با فراوانی بالا هستند (Stansdy, 1982). بالا بودن مقادیر این دو اسید چرب C16:0 و C18:1n9+C18:1n7 به‌ترتیب سبب افزایش SFA و MUFA در تیمار تغذیه شده با پروتئین بالا و کربوهیدرات بالا (HP-St) شده است در حالی‌که محتوای C18:2n6 سبب افزایش PUFA در تیمار LP-L شده است.

در مطالعه حاضر میزان اسیدهای چرب MUFA در بدن تاس‌ماهی سیبری (۳۷– ٤۲ درصد) بیشتر از اسیدهای چرب SFA (۱۹– ۲۲ درصد) و PUFA (۲۸– ۳۷ درصد) نشان داده شده است. MUFA به‌عنوان اسیدهای چرب اصلی و یک منبع پرانرژی برای رشد و نمو در چندین گونه پرورشی استروژن از جمله تاس‌ماهی سفید (٤٥/٤ درصد)، تاس‌ماهی آدریاتیک (٤۷/۷ درصد) (Badiani et al., 1997)، تاس‌ماهی سیبری (در ماهیچه ۳۹/۹ درصد) (Nieminen et al., 2014)، فیل‌ماهی (٤۳/۱٪ درصد) (Ghomi et al., 2013) و تاس‌ماهی هیبرید (*Acipenser naccarii* **A. baeri*) (۳۷/۹ درصد) (Vaccaro et al., 2005) گزارش شده است. این در حالی است که مانند نتایج حاضر در جیره این تاس‌ماهیان میزان اسیدهای چرب PUFA (۳۹– ٤۱ درصد) بیشتر از MUFA است (Nieminen et al., 2014; Vaccaro et al., 2005). این افزایش در ذخایر MUFA بدن نسبت به جیره را به سنتز تبدیل زیستی[1] و *de novo* نسبت می‌دهند که طی این فرایند این دسته از اسیدهای چرب در بدن سنتز می‌شوند (Abi-Ayad et al., 2004). همچنین شرایط تغذیه در سطح اشباع و عدم استفاده از این اسیدهای چرب ممکن است سبب تجمع آنها در بافت به‌عنوان منبع انرژی در مواقع ضروری (گرسنگی) باشد. برای مثال در تیلاپیای قرمز هیبرید میزان MUFA در کبد پس از گرسنگی به یک سوم آن نسبت به گروه تغذیه شده کاهش یافته است (De Silva et al., 1997). اگرچه اسیدهای چرب SFA نیز به‌عنوان منبع تولید انرژی هستند (Sargent, 1995)، در این مطالعه تفاوت فاحشی در میزان اسیدهای چرب SFA در غذا مشاهده نشده است و در بافت بدن تاس‌ماهی سیبری در تیمار HP-St افزایش یافته است.

اسید چرب لینولئیک تحت تأثیر جیره، مقادیر بالایی را نشان می‌دهد و بیشترین آن طبق جیره در تیمار LP-L مشاهده شد. براساس مطالعات مختلف در ماهیان آب شیرین مشخص شده است که این ماهیان به اسیدهای چرب لینولئیک 18:2n-6 و لینولنیک 18:3n-3 برای سنتز اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلندتر احتیاج دارند (Stickney and Hardy, 1989). برخی محققان احتمال رقابت متابولیکی را بین 18:2n-6 و 18:3n-3

1. *Bioconversion*



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

گزارش کردند (Caballero et al., 2002)؛ به‌طوری‌که محتوای بالای 18:2n-6 در جیره حاوی روغن سویا ممکن است مانع از متابولیسم 18:3n-3 به اسیدهای چرب ضروری با زنجیره بلندتر مانند EPA وDHA (C22:6n-3) شود (Storebakken et al., 1999). در این مطالعه محتوای 18:2n-6 در تمام جیره‌ها بالا و حدود ١٨-٢٤ درصد است، در حالی‌که محتوای 18:3n-3 تنها ١- ١/٥درصد است. با توجه به اینکه مقادیر اسیدهای چرب EPA و DHA در بدن ماهی تحت تأثیر جیره‌های مختلف استفاده نشده است، از این‌رو می‌توان با احتمالی این موضوع را به رقابت (ممانعت) متابولیکی مقادیر بالای 18:2n-6 نسبت داد.

اسیدهای چرب HUFA و PUFA به‌عنوان ترکیبات ساختاری برای فرایندهای فیزیولوژیکی بدن است (Abedian- Kenari et al, 2009). به گزارش Nieminen (٢٠١٤)، تاس‌ماهی سیبری قادر به تجمع انتخابی برخی از HUFA در بافت‌های خاص است که یا از طریق دریافت این اسیدهای چرب از منابع جیره، و یا از طریق طویل‌سازی وغیراشباع‌سازی زنجیره در این بافت‌ها است. DHA در ترکیبات ساختاری و غشایی، فعالیت آنزیم‌ها، انتقال یون‌ها و در ساختمان مغز و شبکیه نقش دارد (Bell and Dick, 1991). مقدار اسید چرب EPA (C20:5n-3) (١/٩- ٢/١ درصد) و DHA (حدود ١٢ درصد) در تاس‌ماهی سیبری در مقایسه با تاس‌ماهی هیبرید که میزان EPA آن ٩/٤ درصد و DHA آن ١٥ درصد است(Vaccaro et al., 2005)، نشان می‌دهد که میزان اسید چرب EPA در سطح پایینی قرار دارد. مقایسه EPA جیره غذایی تاس‌ماهی هیبرید (١٢/٥٤ درصد) (Vaccaro et al., 2005) با مطالعه حاضر (٣/١- ٣/٧ درصد) نشان می‌دهد مقدار کم این اسید چرب در ماهیچه ناشی از مقادیر بسیار پایین آن در جیره است هرچند میزان آن در ماهیان تغذیه شده با چربی بالا (HP-L و LP-L) به‌طور معناداری بالاتر است. این کاهش درصد EPA در مقایسه با DHA، در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با روغن حیوانی و گیاهی (Greene and Selivonchick, 1990)، در آزادماهیان تغذیه شده با روغن کانولا و آفتاب‌گردان (Skonberg et al., 1994) و همچنین در مطالعات دیگری بروی تاس‌ماهیان (Badiani et al., 1997; Vaccaro et al., 2005) گزارش شده است. با توجه به اهمیت دو اسید چرب EPA و DHA در سلامت انسان، افزودن این اسیدهای چرب به جیره ماهیان مذکور به‌ویژه زمانی‌که از مقادیر بالای کربوهیدرات (HP-St و LP-St) در جیره استفاده می‌شود، ضروری به‌نظر می‌رسد.

نسبت اسیدهای چرب n-3/n-6 در تعیین رشد ماهی اهمیت دارد (Watanabe, 1982). بیشترین نسبت n-3/n-6 طبق جیره در تیمار ماهیان HP-St (پروتئین و کربوهیدرات: چربی بالا) حاصل شد. کاهش نسبت اسیدهای چرب n-3/n-6 در این مطالعه تابعی از این نسبت در جیره ماهی و ناشی از افزایش اسیدهای چرب سری n-6 به‌ویژه اسید چرب لینولئیک است.

معمولاً تری‌آسیل گلیسرول‌ها از نظر کمیت، مهم‌ترین چربی‌ها در جیره ماهیان هستند و مشخص شده طول زنجیره کربنی و درجه اشباعیت آنها بر روی هضم و جذب تأثیرگذار است. مطالعات به‌خوبی نشان می‌دهد که فعالیت لیپاز پانکراسی تحت تأثیر طول زنجیره آسیل و درجه اشباعیت است (Morais et al., 2007). در ماهیان هضم‌پذیری اسیدهای چرب با افزایش درجه غیراشباعیت افزایش می‌یابد (Olsen et al., 1998). بنابراین لیپاز ماهی ابتدا اسیدهای چرب PUFA و سپس MUFA را به‌عنوان سوبسترا ترجیح داده و SFA در برابر فرایند لیپولیز بسیار مقاوم‌اند (Morais et al., 2007).



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

لیپازها تأثیر کمی روی استرهای مومی به‌ویـژه آنهـایی که دارای زنجیره کوتاه و اسیدهای چـرب اشـباع هسـتند، دارند. ماهیان چند آداپتاسیون برای غلبه بـا مشـکل هضـم موم استرها نشان می‌دهـد از جملـه: افـزایش تولیـد لیپـاز پانکراسـی و افـزایش میـزان لیپازهـای غیراختصاصـی و استرازها (Finn and Kapoor, 2008). مطالعه‌ای که بر روی لارو باس دریایی اروپایی انجام شد نشـان داد کـه فعالیـت لیپاز تحت تأثیر افزایش محتوای چربی جیره نیسـت بلکـه نوع اسیدهای چـرب، فعالیـت لیپـاز را تحـت تـأثیر قـرار می‌دهند. در واقع محققان مشاهده کردند که باس دریایی‌ای که از چربی‌های گیاهی تغذیه کرده نسبت به زمـانی‌کـه از روغن ماهی تغذیه کرده است، فعالیت لیپاز بیشـتر دارد. در روغن گیاهی محتوای اسـیدهای چـرب MUFA و SFA و در روغن ماهی محتوای PUFA بیشـتر اسـت (Morais et al., 2004). با توجه به توضیحات بیان شده، در تاس‌مـاهی سـیبری نیـز فعالیـت لیپولیتیـک در جیـره LP-L بـه‌طـور معناداری کاهش یافته است که می‌تـوان آن را بـه محتـوای کمتر HUFA در جیره مذکور نسبت داد.

یکی از مهم‌ترین عامل خارجی بر میزان چربـی بافـت بدن، رژیم غذایی است. در این تحقیـق بـا افـزایش میـزان چربی جیره، چربی تجمع یافته در بافت بـدن نیـز افـزایش یافته است. به‌طوری‌که بیشترین میـزان چربـی بافـت بـدن تاس‌ماهی سیبری در تیمار غـذای HP-L و LP-L بـا ١٦- ١٧/٥ درصد چربی نشان داده شده است درحالی‌که فعالیت لیپاز غیر از تیمار HP-L، روند معکوسی بـا نتـایج مـذکور داشته است. گزارش شده است محتوای کل چربـی جیـره، آنزیم‌های لیپولیتیک را هـم در پسـتانداران (Spannagel et al., 1996) و هم در ماهیان ماننـد بـاس دریـایی تحریـک مـی‌کنـد (Zambonino Infante and Cahu, 1999). در مطالعه Morais و همکاران (٢٠٠٤)، افـزایش در محتـوای چربی (١٧ و ٢٤ درصد) جیره اثری بر فعالیت اختصاصـی لیپاز باس دریایی نشان نداده است، در حالی‌که این اختلاف معنـادار در مطالعـه Zambonino Infante و Cahu (١٩٩٩) تنها در تیمار حاوی مقادیر ١٠ درصد و کمتر از ٢٠ درصد چربی مشاهده شده است. با توجه به اینکه درصـد چربـی جیره در تمامی جیره‌هـا زیـر ٢٠ درصـد اسـت، اخـتلاف معنادار در فعالیت اختصاصی لیپاز با تغییرات چربی جیـره قابل توجیح است.

همچنین عوامل درون‌ریـز (انـدوکرین) نقـش میـانجی مهمی در پاسخ فعالیـت لیپـاز بـه سـطوح چربـی جیـره و ترکیب آن ایفا مـی‌کننـد (Morais et al., 2007). مشـخص شده است که چربی جیره ترشح کوله سیستوکینین (CCK) و سکرتین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این هورمـون‌هـای روده‌ای در تحریک ترشح آنـزیم‌هـای پـانکراتیکی دلالـت دارنـد (Spannagel et al., 1996). طـول زنجیـره کربنـی اسیدهای چرب نیز مشخص شـده کـه تـأثیر معنـاداری در ترشـح کولـه سیسـتوکینین دارد (Matzinger et al., 2000) اما این تأثیر در گونه‌های مختلف کاملاً متفاوت بوده و نیاز به مطالعات بیشتری دربارهٔ ماهیان دارد.

با بررسی ترکیب اسـیدهای چـرب بافـت تـاس‌مـاهی سیبری پرورشی می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب اسـیدهای چرب بافت بدن بـه‌طـور معنـاداری تحـت تـأثیر ترکیـب اسیدهای چرب جیره می‌باشند و جیره‌هایی بـا پـروتئین و کربوهیدرات بالا سـبب تجمـع اسـیدهای چـرب اشـباع و MUFA در بدن این ماهیان شـده و جیـره بـا چربـی بـالا محتوای PUFA را در بافـت بـدن افـزایش مـی‌دهـد. ایـن مطالعه نشان می‌دهد تجمع چربی در بافت بدن تحت تأثیر میزان کل محتوای چربی جیره است و فعالیت آنـزیم لیپـاز در روده تاس‌ماهی سیبری در جیره LP-L تحت تأثیر میزان کم HUFA، کاهش یافته است. با توجـه بـه اینکـه نسـبت



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

اسیدهای چرب n-3/n-6 در تعیین رشد و سلامت ماهی نقش به‌سزایی دارند، تیمار غذایی HP-St (پروتئین بالا- نسبت کربوهیدرات: چربی بالا) عملکرد بهتری را نشان داده است، همچنین با توجه به میزان بالای چربی بدن این ماهیان، تیمار مذکور به‌علت کم بودن درصد چربی سبب تجمع کمتر چربی در بدن این ماهی شده که سلامت و ارزش غذایی آن را مطلوب‌تر می‌کند.

**تشکر و قدردانی:**

بدین‌وسیله از همکاری مسئولان و کارکنان محترم مؤسسهٔ تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر- رشت و آزمایشگاه تغذیه آبزیان و فراوری محصولات شیلاتی دانشگاه تربیت مدرس تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

## منابع

**Abedian Kenari, A., Regenstein, J. M., Hosseini, S. V., Rezaei, M., Tahergorabi, R., Nazari, R. M., Kaboli, S. A. 2009. "**Amino Acid and Fatty Acid Composition of Cultured Beluga (*Huso huso*) of Different Ages". *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18, 245–265 .

**Abi-ayad, S.-M.E.-A., Boutiba, Z., Melard, C., Kestemont P. 2004. "**Dynamics of total body fatty acids during early ontogeny of pikeperch (*Sanderlucioperca*) larvae". *Fish Physiology and Biochemistry*, 30: 129–136.

**Ackman, R. G. 2008.** Fatty acids in fish and shellfish.In C. K. Chow (Ed.), Fatty acids in foods and their health implications (3rd ed., pp. 155–185). Boca Raton: CRC Press.

**Afshar mazandaran, N. 2002. "**Scientific guidance for Feeding, food and medicinal objective of aquatic animal in Iran". *Noorbakhsh press*, 216 p.

**AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 2005.** Official Methods of Analysis of the AOAC International, 18th edn. AOAC International, Gaithersburg, MD.

**Askarian, F., Kousha, a., Salma, W., Ringø, E. 2011.** "The effect of lactic acid bacteria administration on growth, digestive enzyme activity and gut microbiota in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) and beluga (*Huso huso*) fry". *Aquaculture Nutrition*, 17, 488–497 .

**Babaei, S.S., Abedian-Kenari A.M., Nazari, R.M. 2011. "**Investigation of growth and changes in fatty acids profile in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during early larval development". *Journal of Fisheries,Iranian Journal of Natural Res*., 63(4): 257- 269.

**Badiani, A., Stipa, S., Nanni, N., Gatta, P. P., Manfredini, M. 1997.** "Physical indices, processing yields, compositional parameters and fatty acid profile of three species of cultured sturgeon (genus Acipenser)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 257–264 .

**Bagherzadeh Lakani, F., Sattari, M., Sharifpour, I. Kazemi, R. 2013. "**Effect of hypoxia, normoxia and hyperoxia conditions on gill histopathology in two weight groups of beluga (*Huso huso*)". *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 11: 78-84.

**Bell, M.V., Dick, J. 1991. "**Molecular species composition of the major diacyl glycerol phospholipids from muscle, liver, retina and brain of cod (*Gadus morhua*)". *Lipids*, 26: 565–573.

**Bradford M.M. 1976. "**A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding". *Analytical Biochemestry*, 72(1-2): 248–254.

**Caballero, M. J., Obach, A., Rosenlund, G.,Montero, D. 2002.** "Impact of Different Dietary Lipid Sources on Growth, Lipid Digestibility, Tissue Fatty Acid Composition and Histology of Rainbow Trout ,*Oncorhynchus mykiss*". A*quaculture*, 214: 253–271.

**De Silva, S. S.,Rasanthi.,M. G., Austin C. M. 1997.** "Changes in the Fatty Acid Profiles of Hybrid Red Tilapia, *Oreochromis Mossambicus* X *O. Niloticus*, Subjected to Short-Term Starvation, and a Comparison with Changes in Seawater Raised Fish." *Aquaculture*, 153: 273–90.

**Finn, R. N., Kapoor, B. G. 2008**. Fish larval physiology. Chapter, 8.Digestion. Ronnestad, I., Morias, S., Pp: 201-248.



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

and fatty acid content of farmed beluga sturgeon (*Huso huso*)". *International Aquatic Research*, 5: 1–8 .

**Greene, D.H.S., Selivonchick, D.P., 1990. "**Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Aquaculture*, 89, 165–182.

**Gunasekera, R.M., De silva, S.S., Ingram, B.A., 1999.** "Early ontogeny-related changes of the fatty acid composition in the Percichthyid fishes trout cod, *Maccullochella macquariensis* and Murray cod *M.*" *peelii peelii*. *Aquat.Living Resour*. 12(3): 219-227.

**Harpaz S., Eshel A., Lindner P. 1994.** "Effect of 1-propanol on the activity of intestinal proteolytic enzymes of the european sea bass *Dicentrarchus labrax*". *Agriculture Food Chemistry*, 42(1): 49-52.

**Hosseini, S. V., Abedian-Kenari, A., Rezaei, M., Nazari, R. M., Feás, X., Rabbani, M. 2010.** "Influence of the in vivo addition of alpha-tocopheryl acetate with three lipid sources on the lipid oxidation and fatty acid composition of Beluga sturgeon, *Huso huso*, during frozen storage". *Food Chemistry*, 118(2): 341–348.

**Iijima N., Tanaka S., Ota Y. 1998.** "Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, Pagrus major". *Fish physiology and Biochemistry*, 18(1): 59-69.

**Inhamuns, A. J., and Franco, M. R. B., 2008.** "EPA and DHA quantification in two species of freshwater fish from Central Amazonia". *Food Chemistry*, 107: 587–591.

**Jankowska, B., Kolman, R., Szczepkowski, M., Zmijewski, T. 2005. "**Production value, chemical composition and colour of fillets of the reciprocal hybrid of Siberian sturgeon with green sturgeon (*Acipenser baeri* Br× (*Acipenser baeri* × *Acipenser medirostris* Ayres)." *Czech Journal of Animal Science*, 50(5): 220–225.

**Matzinger, D., Degen, L., Drewe, J., Meuli, J., Duebendorfer, R., Ruckstuhl, N., D'Amato, M., Rovati, L., Beglinger, C., 2000.** "The role of long chain fatty acids in regulating food intake and

**Firestone, D. 1998.**Official Methods and Recommended practices of the American Oil Chemists Society, Vol. I–II (5 ed.) (Method 1–62). Champaign: AOCS.

**Folch J., Lees M., Sloan-Stanley G.H. 1957. "**A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues". *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497–509.

**Fontagne S., Bazina D., Brequea J., Vachota C., Bernardea C., Rouaultb T., Bergot P. 2006. "**Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae". *Aquaculture*, 257(1-4): 400- 411 .

**Fuentes E.N., Kling P., Einarsdottir I.E., Alvarez M., Valdés J.A., Molina A., Bjornsson B.T. 2012.** "Plasma leptin and growth hormone levels in the fine flounder (*Paralichthys adspersus*) increase gradually during fasting and decline rapidly after refeeding". *General and Comparative Endocrinology*, 177(1): 120–127.

**Furné, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Morales, A. E., Domezain, A., Domezain, J., Sanz, A. 2008. "**Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*).Comparative Biochemistry and Physiology". Part A, *Molecular & Integrative Physiology*, 149, 420–425 .

**Gawlicka, a., Herold, M. a.,Barrows, F. T.,De la Noüe, J. Hung., S. S. O. 2002.**"Effects of Dietary Lipids on Growth, Fatty Acid Composition, Intestinal Absorption and Hepatic Storage in White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*R.)Larvae."*Journal of Applied Ichthyology*, 18:673–81.

**Geraylou, Z., Souffreau, C., Rurangwa, E., D'Hondt, S., Callewaert, L., Courtin, C. M., Ollevier, F. 2012.**"Effects of Arabinoxylan-Oligosaccharides (AXOS) on Juvenile Siberian Sturgeon (*Acipenser Baerii*) Performance, Immune Responses and Gastrointestinal Microbial Community" . *Fish and Shellfish Immunology*, 33:718–24.

**Ghomi, M. R., Nikoo, M., Sohrabnezhad, M. 2013. "**Effect of alive weight on body composition



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

macronutrient combinations". *Aquaculture Research.* 41, 111-119.

**Sargent, J.R. 1995.** Origins and functions of egg lipids: nutritional implications. In: Broodstock Management and Egg and Larval Quality. Edited by N.R., Bromage, and R.J., Roberts. Blackwell Sciences Ltd, Oxford. pp. 353–372.

**Sargent, J.R., Henderson, R.J., Tocher, D.R. 2002.**The Lipids. In: Halver, J., Hardy, E. (Eds.), Fish Nutrition. Academic Press, Elsevier, California, USA, pp. 181–257.

**Şener, E., Yildiz, M., Savaş, E. 2005. "**Effects of dietary lipids on growth and fatty acid composition in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles".*Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 1101–1107.

**Shi, X., Zhuang, P., Zhang, L., Feng, G., Chen, L., Liu, J., Wang, R. 2009. "**Growth inhibition of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) from dietary and waterborne fluoride". *Fluoride*, 42: 99–103.

**Skonberg, D. I., Rasco, B. A., Dong, F. M. 1994.** "Fatty acid composition of salmonid muscle changes in response to a high oleic acid diet". *J. Nutr*. 124: 1628–1638.

**Spannagel, A. W., Nakano, I., Tawil, T., Chey, W. Y., Liddle, R. A., Green, G. M. 1996. "**Adaptation to fat markedly increases pancreatic secretory response to intraduodenal fat in rats. Am. J. Physiol.: Gasterointest". *Liver Physiol*., 33: G128–G135.

**Standsy, M. E. 1982.** Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industrial use. In R. E. Martin, G. J. Flick, C. E. Hedbard, & D. R. Ward (Eds.), Chemistry and biochemistry of marine food products (pp. 75–92). West-port Connecticut: AVI Publishing Co.

**Stickney, R.R., Hardy R.W. 1989. "**Lipid requirements of some freshwater species". *Aquaculture*, 79: 163-168.

**Storebakken, T., Refstie, S., Ruyter, B. 1999.** Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. In: Drachley, J.K. (Ed.), Soy in Animal Nutrition, Proceedings of the Sixth World Soybean Research Conference, Global Soy Forum 99. Chicago, August 4–7, 413 pp.

cholecystokinin release in humans". *Gut*, 46: 688–693.

**Millamena, O.M. 1996.** Training course on fish nutrition. Part: Lipids and Fatty Acids. pp. 1-19 .

**Morais, S., Cahu, C., Zambonino-Infante, J.L., Robin, J., Rønnestad, I., Dinis, M.T., Conceição, L.E.C. 2004.** "Dietary triacylglycerol source and level affects performance and lipase expression in larval seabass (*Dicentrarchus labrax*)". *Lipids*, 39: 449–458.

**Morais, S., Conceição, L. E. C., Rønnestad, I., Koven, W., Cahu, C., Zambonino Infante, J. L., Dinis, M. T. 2007.** "Dietary neutral lipid level and source in marine fish larvae: Effects on digestive physiology and food intake". *Aquaculture*, 268: 106–122.

**Mozaffarian, D., Wu, J. H. Y. 2012.** "(n-3) Fatty acids and cardiovascular health: Are effects of EPA and DHA shared or complementary?". *Journal of Nutrition*, 142: 614S–625S.

**Nieminen, P., Westenius, E., Halonen, T., Mustonen, A. M. (2014). "**Fatty acid composition in tissues of the farmed Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)". *Food Chemistry*, 159, 80–84 .

**Noori, F., van Stappen, G., Sorgeloos, P. 2012.** "Preliminary study on the activity of protease enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) larvae in response to different diets: Effects on growth and survival". *Aquaculture Research*, 43, 198–207 .

**NRC (National Research Council) 1993.** Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press,Washington, DC, USA,114pp.

**Olsen, Y. 2011.** "Resources for fish feed in future mariculture". *Aquaculture Environment Interactions*, 1: 187–200.

**Olsen, R.E., Henderson, R.J., Ringø, E. 1998. "**The digestion and selective absorption of dietary fatty acids in Arctic Charr, *Salvelinus alpinus"*. *Aquac.Nutr*. 4, 13–21.

**Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., Morales, A. E., Arizcun, M., Abellán, E., Cardenete, G., 2009. "**Growth performance, feed utilization and body composition of *Dentex dentex* fed on different



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897)". *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5): 692 – 696.

**Zambonino Infante, J.L., Cahu, C.L. 1999.** "High dietary lipid levels enhance digestive tract maturation and improve *Dicentrarchus labrax* larval development". *J. Nutr*. 129: 1195–1200.

**Zambonino-Infante, J.L., Cahu, C.L. 2001.** Review.Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. Comp. Biochem. Physiol. C, *Comp*. *Pharmacol.Toxicol*. 130: 477–478.

**Vaccaro, A. M., Buffa, G., Messina, C. M., Santulli, A., Mazzola, A. 2005. "**Fatty acid composition of a cultured sturgeon hybrid (*Acipenser naccarii* x *A. baerii*)". *Food Chemistry*, 93, 627–631.

**Watanabe, T. 1982.** "Lipid nutrition in fish". *Comparative biochemistry and Physiology*, 73B: 3-15.

**WWW.iucnredlist.org**

**Yarmohammadi M., Shabani A., Pourkazemi M., Soltanloo H., Imanpour M. R. 2012. "**Effects of starvation and re-feeding on growth performance

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]

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

# Fatty acids profile, body lipid content and lipase activity in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) fed on different dietary macronutrients

**SeyedehSedighehBabaei [1], AbdolmohammadAbedian Kenari[2*], Mehdi Hedayati [3], Mohammad Ali Yazdani-Sadati [4]**

1-Ph.D. Student, Department of Aquaculture, Faculty of Marin Sciences, TarbiatModares University, Noor, Iran

2-Professor, Department of Aquaculture, Faculty of Marin Sciences, TarbiatModares University, Noor, Iran

3-Associate Professor, Cellular and Molecular Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4-Assistant Professor, International Sturgeon Research Institute of Caspian Sea, Rasht, Iran

Recevied : 27/01/2015 Accepted : 08/12/2015

*Corrosponding aothur : aabedian@modares.ac.ir

**Abstract:**

The present study investigateeffect of different dietary macronutrient composition on fatty acids profile, body fat and pancreatic lipase enzyme activity in Siberian sturgeon. A group of 180 Siberian sturgeons juvenile (initial weight, 30 ± 5 g) were used in this experiment and fed on four isoenergetic diets. Diets were named LP-St (low protein and high carbohydrate: lipid ratio), HP-St (high protein and high carbohydrate: lipid ratio), LP-L (low protein and low carbohydrate: lipid ratio) and HP-L (high protein and low carbohydrate: lipid ratio). Fish were fed apparent satiety for 10 weeks. The samples were obtained from body carcass and juveniles intestine. In this study, the same level of fish oil and sunflower oil were used as a source of diet lipid content. The HUFAs content in HP-St and LP-L diets were showed highest and lowest value, respectively. The results showed the body fatty acidsprofiles was significantly affected by fatty acids composition in diets ($P < 0.5$). Diets with high protein and high carbohydrates concentrated SFA and MUFA in fish carcass. Moreover, the PUFA content increased in sturgeon fed with high lipid diet. However,the results of this study showed the body lipid content wasaffected by total lipid content of diet and lipase activity decreased in Siberian sturgeon intestine fed on LP-L diet with lowest HUFA.

**Keywords:** Siberian sturgeon, Fatty acid, Pancreatic lipase, Lipid



[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2025-01-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1394.4.4.5.9 ]