



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

سیده صدیقه بابایی<sup>۱</sup>، عبدالمحمد عابدیان کناری<sup>۲\*</sup>، مهدی هدایتی<sup>۳</sup>، محمد علیزادانی ساداتی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

<sup>۲</sup> - استاد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

<sup>۳</sup> - دانشیار، مرکز تحقیقات سلولی مولکولی، انستیتو تحقیقات علوم درونریز، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۴</sup> - استادیار، انستیتو تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۴

\*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 تاس ماهی سیبری بررسی شد. در این آزمایش، یک گروه از ۱۸۰ قطعه بچه تاس ماهی سیبری (وزن اولیه  $30 \pm 5$  گرم) با ۴ جیره با سطح انرژی یکسان تغذیه شدند. جیره‌ها به ترتیب LP-St (پروتئین پایین و نسبت کربوهیدرات به چربی بالا)، HP-St (پروتئین 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 به ترتیب 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 تاس ماهیان 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 تاس ماهی سیبری در جیره LP-L تحت تأثیر میزان کم HUFA، کاهش یافته است.

کلید واژگان: تاس ماهی سیبری، اسید چرب، لیپاز پانکراسی، چربی

## مقدمه

در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به صنعت آبی‌پروری 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 آبی‌پروری 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، دوره تولیدمثلی و شوری متفاوت است (Ackman, 2008; Inhamuns and Franco, 2008).

برای مثال در ماهیان آب شیرین از مناطق جغرافیایی یکسان میزان اسید چرب ۱:۱۸، ۲/۱۴-۳۲/۳۲؛ ۶-۲n:۱۸، ۴/۱-۱۴؛ ۳-۳n:۱۸، ۶/۰-۰/۰۶؛ ۳-۳n:۲۰، ۲-۱۱/۳؛ ۳-۳n:۲۲، ۱/۲-۱۸/۶٪ می‌باشند (Nieminen et al., 2014). همچنین محتوای چربی بدن و ترکیب اسیدهای چرب بدن ماهی در تمام دوره زندگی، تابعی از محتوای اسیدهای چرب غذایی 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 عادات‌های غذایی، ارزش غذایی، گرسنگی، تغییرات تنظیم اسمز 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 (1997) (*Badiani et al.*، تاس‌ماهی سفید (*transmontanus*) (*Acipenser*) (2002) (*Gawlicka et al.*، 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

عدد تانک مدور فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (۱۵ عدد در هر تانک) با حجم آبیگری ۳۵۰-۴۰۰ لیتر، مجهز به یک خروجی و یک ورودی جریان‌دار، توزیع شدند. برای سازگاری با محیط آزمایش ابتدا ماهیان به مدت یک هفته با جیره تجاری (شرکت بیومار، فرانسه)، غذایی شدند (Bagherzadeh Lakani et al., 2013). هر تانک با استفاده از یک سنگ هوا، هوادهی شد و دوره نوری در زمان انجام تحقیق به صورت طبیعی استفاده گردید. هر روز تمامی تانک‌ها به منظور خروج ضایعات و مدفوع سیفون شدند. غذادهی در حد اشباع و به صورت دستی در سه نوبت در شبانه روز (ساعات ۸:۳۰، ۱۵ و ۲۱:۳۰) انجام گرفت. دما، اکسیژن محلول، pH، و دبی آب به ترتیب  $22/5 \pm 4$  °C،  $7/1 \pm 1/5$  (میلی گرم بر لیتر)، ۷-۸ و  $4/5 \pm 0/5$  (لیتر بر دقیقه) اندازه‌گیری شد. بچه ماهیان به مدت ۱۰ هفته در سطح اشباع تغذیه شدند. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

**فرمولاسیون جیره‌های آزمایشی:** مواد اولیه و ترکیب جیره در جدول ۱ نشان داده شده است. ۴ تیمار غذایی با انرژی یکسان (انرژی ناخالص  $19/9 \pm 0/4$  کیلوژول بر گرم وزن خشک) با سطوح مختلف پروتئین، چربی و کربوهیدرات تهیه شده است. جیره‌ها به ترتیب زیر نام‌گذاری شدند: LP-St (پروتئین پایین (۳۸ درصد) و نسبت کربوهیدرات: چربی بالا)؛ HP-St (پروتئین بالا (۴۴ درصد) و نسبت کربوهیدرات: چربی بالا)؛ LP-L (پروتئین پایین (۳۸ درصد) و نسبت کربوهیدرات: چربی پایین) و HP-L (پروتئین بالا (۴۴ درصد) و نسبت کربوهیدرات: چربی پایین). فرمولاسیون جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار لیندو (Lindo copyright releases, 6.11998) صورت گرفت.

تاس‌ماهی ایرانی (*A. persicus*) (Babaei et al., 2012) اشاره کرد.

آنزیم لپاز نوعی آنزیم تجزیه‌کننده چربی است که در پاسخ به تری‌گلیسیرید موجود در غذا، از پانکراس به داخل لومن روده ترشح می‌شود (Zambonino Infante and Cahu, 2001). تا به حال مطالعات متعددی بر روی فعالیت آنزیم‌های گوارشی در تاس‌ماهیان انجام شده است (Furne et al., 2008; Askarian et al., 2011; Babaei et al., 2011; Noori et al., 2012). در برخی مطالعات نشان داده شده که فعالیت لپاز تحت تأثیر افزایش محتوای چربی جیره نیست، بلکه گاهی نوع اسیدهای چرب موجود در جیره فعالیت لپاز را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Morais et al., 2004). از این‌رو مطالعه و بررسی تأثیر ترکیب اسیدهای چرب جیره و محتوای چربی آن بر روی ترکیب اسیدهای چرب بافت بدن و فعالیت لپاز، قابل تأمل است.

با توجه به اهمیت مطالعات تغذیه‌ای و فیزیولوژی هضم تاس‌ماهی سیبری به‌عنوان گونه جدید پرورشی در ایران و با توجه به اینکه تا به حال تحقیقی در این زمینه روی این گونه انجام نگرفته است، در مطالعه حاضر تأثیر جیره‌های مختلف (تفاوت در سطوح ماکرونوترینت) بر تغییرات اسیدهای چرب، چربی بافت بدن و فعالیت آنزیم لپاز در گونه مذکور بررسی شده است.

#### مواد و روش کار

**سیستم پرورش:** این آزمایش در مرکز تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر-گیلان انجام شد. به منظور انجام آزمایش، تعداد ۱۸۰ قطعه بچه تاس‌ماهی سیبری (با وزن اولیه  $30 \pm 5$  گرم)، به‌طور تصادفی در ۱۲

جدول ۱ اغلام و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی جهت پرورش تاسماهی سبیری

LP-St	HP-St	LP-L	HP-L	ترکیب جیره (%)
38P12L36C	44P10L30C	38P18L25C	44P16L22C	
۴۶/۲۴	۵۷/۱	۴۹/۳	۵۸/۸۶	پودر ماهی *
۳۹/۸۸	۳۲/۹۶	۲۱/۲	۱۷/۹۸	آرد گندم
۳/۲۲	۱/۷۴	۶/۲۲	۴/۳۵	روغن ماهی †
۳/۲۲	۱/۷۴	۶/۲۲	۴/۳۵	روغن آفتابگردان ††
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	لیسیتین سویا §
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	مونو کلسیم فسفات
۲	۲	۲	۲	مخلوط معدنی ¶
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	مخلوط ویتامینی
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	ضد قارچ
۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	آنتی اکسیدانت †††
۱/۱۶	۰/۱۷	۱۰/۷۹	۸/۱۹	فیلر ♦
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	بایندر ◊
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع کل

ترکیب شیمیایی (وزن خشک %)

۵ ± ۰/۰	۵ ± ۰/۹	۵/۸ ± ۰/۳	۵/۹ ± ۰/۸	رطوبت
۳۷/۹ ± ۰/۴	۴۴/۱ ± ۰/۳	۳۸/۲ ± ۰/۳	۴۳/۹ ± ۰/۵	پروتئین
۱۱/۵ ± ۱/۱	۱۰ ± ۰/۷	۱۷/۵ ± ۲/۱	۱۵/۷ ± ۰/۹	چربی
۳۵/۹ ± ۱/۴	۳۰/۲ ± ۰/۸	۲۴/۹ ± ۲/۸	۲۱/۹ ± ۰/۴	کربوهیدرات
۹/۷ ± ۰/۰۴	۱۰/۷ ± ۰/۶	۱۳/۵ ± ۰/۵	۱۲/۶ ± ۰/۶	خاکستر
۳/۱	۳	۱/۴	۱/۴	نسبت کربوهیدرات: چربی
۱۹/۷	۱۹/۶	۲۰/۲	۲۰/۳	انرژی (Kj/g dw) ††

\* پودر ماهی کیلکا (غذای دام و آبزیان مازندران (Managua) و شرکت پارس کیلکا)

† روغن کیلکا (Managua)

†† روغن آفتابگردان (شرکت لادن)

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

¶ مخلوط معدنی شامل (mg Kg<sup>-1</sup>): آهن ۶۰۰۰، مس ۶۰۰، منگنز ۵۰۰۰، روی ۱۰۰۰۰، ید ۶۰۰، سلنیوم: ۲۰، کبالت ۱۰۰، کولین کلراید ۶۰۰۰ و کریر تا یک کیلوگرم می باشد.|| مخلوط ویتامینی شامل (Unit Kg<sup>-1</sup>): A (۱۲۰۰۰۰۰ IU)، D<sub>3</sub> (۴۰۰۰۰۰ IU)، E (۵۰۰۰۰ mg)، K<sub>3</sub> (۸۰۰ mg)، C (۳۰۰۰۰ mg)، B<sub>1</sub> (mg)، B<sub>2</sub> (۲۵۰۰ mg)، B<sub>6</sub> (۲۵۰۰۰ mg)، B<sub>9</sub> (۱۰۰۰ mg)، B<sub>12</sub> (۸ mg)، بیوتین (۱۵۰ mg)، نیاسین (۳۵۰۰۰ mg)، اینوزیتول (۵۰۰۰۰ 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) - ۱۰۰

†† انرژی بر اساس یک گرم پروتئین ۲۳/۶ کیلوژول، یک گرم چربی ۳۹/۵ کیلوژول و یک گرم کربوهیدرات ۱۷/۲ کیلوژول محاسبه شد (NRC, 1993)

**نمونه برداری:** در پایان آزمایش به منظور نمونه برداری ۲ عدد ماهی از هر تکرار (۶ قطعه از هر تیمار) (Fuentes et al., 2012) برداشت شد. ماهیان با ۵۰۰ میلی گرم 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 به منظور سنجش آنزیمی در ازت مایع دمای ۱۹۶- درجه سانتی گراد تثبیت و سپس به فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد انتقال داده شدند. لاشه‌ها نیز پس از تخلیه شکمی و جداسازی سر، به منظور آنالیز اسید چرب و چربی بافت در فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد 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 (مدل 2050foss 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 ۲ درصد و BF<sub>3</sub> (تری بور فلوراید) انجام گرفت. بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه و جیره با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) فیلپیس 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 به ترتیب بر روی ۲۶۰ و ۲۴۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق

شد. در این روش از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل، گاز هیدروژن به عنوان سوخت، ازت به عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به دست آمده در محلول استاندارد، اسیدهای چرب موجود در نمونه شناسایی شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید.

**تهیه عصاره آنزیمی و سنجش لیپاز:** برای تهیه عصاره آنزیمی از روش Harpaz و همکاران (۱۹۹۴) استفاده شد. براساس این روش، نمونه بافت با نسبت وزنی- حجمی ۱ به ۵ و با استفاده از بافر هموژنات سرد (۵۰ Tris-HCl میلی مولار pH ۸/۵، حاوی ۲۰ CaCl<sub>2</sub> میلی مولار و KCl ۵۰ میلی مولار) به مدت ۳۰ ثانیه در کنار یخ هموژن شده و در ادامه نمونه هموژن شده در دور ۱۷۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد و سوپرناتنت به دست آمده در ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. سنجش آنزیم لیپاز با استفاده از هیدرولیز P-nitrophenyl myristate به عنوان سوبسترا در متوکسی اتانول ۰/۲۵ میلی مولار، sodium cholate ۵ میلی مولار و Tris-HCL ۰/۲۵ مولار در pH ۹ انجام شد. فعالیت اختصاصی لیپاز برابر است با آزادسازی یک میکرو مول پارا- نیتروفنل در یک دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد که در ۴۰۵ 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 (۱۹۷۶) 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.

برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$ 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 به ترتیب در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است. بین ترکیب اسیدهای چرب، در تیمارهای مختلف اختلاف معناداری وجود دارد ( $p < 0.05$ ).

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	۱/۶±۰/۲	۱/۸±۰/۱
C16:0	۱۴/۴±۱/۴	۱۳/۹±۰/۸	۱۳/۸±۰/۵	۱۵/۳±۰/۰
C18:0	۳/۴±۱	۲/۷±۱/۳	۳/۸±۰/۲	۳/۳±۱/۲
C20:0	۱/۱±۰/۱	۱/۳±۰/۱	۱/۲±۰/۰	۱/۲±۰/۰
$\Sigma SFA$	۲۰/۷±۲/۶	۱۹/۹±۲	۲۰/۵±۰/۶	۲۱/۶±۱/۲
C14:1n5	۰/۳۸±۰/۰۲	۰/۴۴±۰/۱	۰/۳۴±۰/۰۱	۰/۳۸±۰/۰۲
C16:1n7	۳/۲±۰/۲	۳/۶±۰/۲	۳±۰/۱	۳/۲±۰/۳
C18:1n9	۲۹±۰/۶	۲۹/۹±۰/۵	۲۹/۱±۰/۳	۲۹±۰/۴
C22:1n-9	۱/۲±۰/۵	۱/۱±۰/۱	۱/۴±۰/۱	۱/۱±۰/۱
$\Sigma MUFA$	۳۳/۷±۰/۶	۳۴/۹±۰/۶	۳۳/۸±۰/۲	۳۳/۷±۰/۱
C18:2n6	۲۲/۳±۰/۴	۱۷/۹±۰/۴	۲۴/۳±۰/۴	۲۱±۰/۷
C18:3n3	۱/۴±۰/۲	۱/۵±۰/۰	۱/۳±۰/۰	۱/۲±۰/۲
C20:2n-6	۰/۳±۰/۱	۰/۳±۰/۱	۰/۱±۰/۱	۰/۲±۰/۰
C20:3n3	۰/۵±۰/۱	۰/۳±۰/۲	۰/۶±۰/۱	۰/۶±۰/۲
C20:4n6	۰/۲±۰/۰	۰/۲±۰/۰	۰/۲±۰/۱	۰/۲±۰/۱
C20:5n-3	۳/۳±۰/۳	۳/۷±۰/۱	۳/۱±۰/۱	۳/۲±۰/۲
C22:6n3	۱۲/۴±۰/۳	۱۵±۰/۴	۱۱/۷±۰/۳	۱۲/۷±۰/۱
$\Sigma HUFA$	۱۶/۷±۰/۵	۱۹/۵±۰/۳	۱۵/۸±۰/۲	۱۷±۰/۴
$\Sigma PUFA$	۴۰/۳±۰/۶	۳۹±۰/۴	۴۱/۳±۰/۳	۳۹/۳±۰/۸
$\Sigma n-3$	۱۷/۶±۰/۲	۲۰/۵±۰/۳	۱۶/۷±۰/۲	۱۷/۸±۰/۲
$\Sigma n-6$	۲۲/۸±۰/۴	۱۸/۴±۰/۴	۲۴/۶±۰/۴	۲۱/۵±۰/۷
n-3/n-6	۰/۷۷±۰/۰	۱/۱±۰/۰۳	۰/۶۷±۰/۰۱	۰/۸۲±۰/۰۲
Total	۹۴/۸±۱/۵	۹۳/۸±۱/۶	۹۵/۶±۰/۸	۹۴/۵±۱/۷

میانگین  $\pm$ 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.

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	۱/۴±۰/۰۵	۱/۶±۰/۰۵
C16:0	۱۴/۵±۰/۷۵ <sup>bc</sup>	۱۷/۸±۰/۳۴ <sup>a</sup>	۱۳/۹±۰/۴۷ <sup>c</sup>	۱۵/۳±۰/۴۳ <sup>b</sup>
C18:0	۱/۷±۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۱/۵±۰/۰۷ <sup>c</sup>	۱/۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۶±۰/۰۱ <sup>bc</sup>
C20:0	۱/۴±۰/۰۱۲	۱/۴±۰/۰۱۲	۱/۳±۰/۰۴	۱/۴±۰/۰۵
Σ SFA	۱۸/۹±۰/۶۷ <sup>c</sup>	۲۲/۱±۰/۲۲ <sup>a</sup>	۱۸/۴±۰/۵۲ <sup>c</sup>	۲۰±۰/۵۹ <sup>b</sup>
C14:1n5	۰/۳±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۴±۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۰/۳±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۴±۰/۰۲ <sup>a</sup>
C16:1n7	۳/۳±۰/۱۹ <sup>c</sup>	۴/۹±۰/۲۳ <sup>a</sup>	۳/۳±۰/۰۸ <sup>c</sup>	۳/۸±۰/۰۷ <sup>b</sup>
C18:1n9+7	۳۱/۹±۰/۲۴ <sup>b</sup>	۳۴/۹±۰/۷۸ <sup>a</sup>	۳۲/۳±۰/۵۸ <sup>b</sup>	۳۲/۸±۱/۴۸ <sup>b</sup>
C22:1n-9	۱/۷±۰/۰۱۱ <sup>a</sup>	۱/۴±۰/۰۱۷ <sup>ab</sup>	۱/۴±۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۱/۲±۰/۰۳۲ <sup>b</sup>
Σ MUFA	۳۷/۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴۱/۵±۰/۷۶ <sup>a</sup>	۳۷/۳±۰/۶۱ <sup>b</sup>	۳۸/۲±۱/۱۶ <sup>b</sup>
C18:2n6	۱۷/۲±۰/۵۸ <sup>c</sup>	۱۲/۴±۰/۶۶ <sup>d</sup>	۲۰/۵±۰/۷ <sup>a</sup>	۱۸/۴±۰/۳ <sup>b</sup>
C18:3n3	۱/۱±۰/۰۲	۱/۱±۰/۰۲	۱/۱±۰/۰۱۷	۱/۱±۰/۰۳
C20:2n-6	۰/۲±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۰/۲±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۰/۴±۰/۰۱۷ <sup>a</sup>	۰/۲±۰/۰۱ <sup>b</sup>
C20:3n3	۰/۳±۰/۰۷	۰/۳±۰/۰۸	۰/۴±۰/۰۲۹	۰/۵±۰/۰۱۳
C20:4n6	۰/۴±۰/۰۶	۰/۴±۰/۰۸	۰/۴±۰/۰۳	۰/۴±۰/۰۵
C20:5n-3	۱/۹±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱/۹±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۲/۱±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۲/۱±۰/۰۸ <sup>a</sup>
C22:6n3	۱۲/۳±۱/۶۶	۱۲/۳±۱/۴۵	۱۲/۱±۰/۵۸	۱۲/۲±۱/۱۷
ΣHUFA	۱۵/۱±۱/۶۷	۱۵/۱±۱/۵۱	۱۵/۴±۰/۶	۱۵/۵±۱/۲۵
ΣPUFA	۳۳/۴±۲/۲۴ <sup>b</sup>	۲۸/۶±۰/۹۸ <sup>c</sup>	۳۷±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۳۵±۰/۰۳ <sup>ab</sup>
Σ n-3	۱۵/۶±۱/۷۷	۱۵/۶±۱/۵	۱۵/۶±۰/۸۱	۱۵/۹±۱/۲۶
Σ n-6	۱۷/۸±۰/۵ <sup>c</sup>	۱۳±۰/۶۵ <sup>d</sup>	۲۱/۳±۰/۸۹ <sup>a</sup>	۱۹/۱±۰/۲۹ <sup>b</sup>
n-3/n-6	۰/۹±۰/۰۸ <sup>b</sup>	۱/۲±۰/۰۱۷ <sup>a</sup>	۰/۷±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۰/۸±۰/۰۸ <sup>b</sup>
Total	۸۹/۵±۱/۹۸	۹۲/۲±۰/۱	۹۲/۶±۰/۸۶	۹۳/۲±۰/۷۴

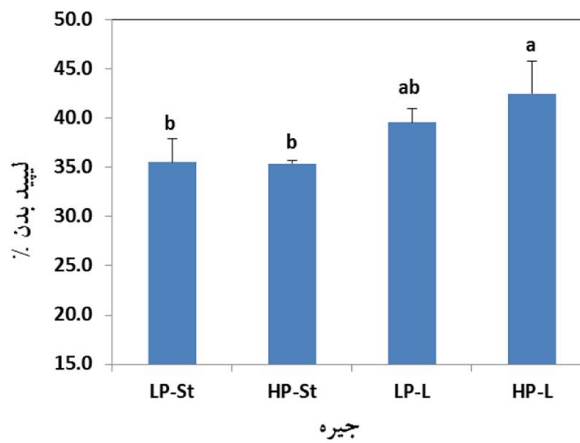
میانگین ± SD. SFA: اسیدهای چرب اشباع; MUFA: اسیدهای چرب غیر اشباع تک زنجیره; PUFA: اسیدهای چرب غیر اشباع چند زنجیره; HUFA: اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره بلند. (P < 0.05).

از میان اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA)، اسیدهای چرب C18:2n-6، C20:2n-6 و 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 حالی که کمترین میزان PUFA مربوط به تیمار پروتئین بالا-کربوهیدرات بالا (HP-St) (۲۸/۶ ± ۱٪) است. تفاوت

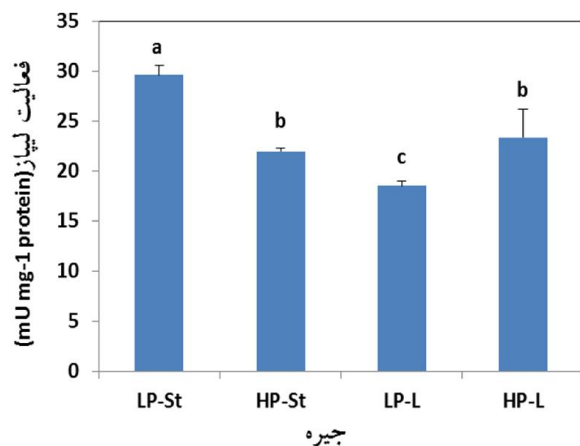
در بین اسیدهای چرب اشباع، بیشترین میزان مربوط به اسید چرب (Palmitic acid) ۱۶:۰ است که به تبع آن مجموع اسیدهای چرب اشباع (ΣSFA) در تیمار HP-St بیشترین مقدار (۲۲/۱ ± ۰/۲۲٪) است (p < ۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب تک زنجیره غیر اشباع (ΣMUFA) نیز در تیمار مذکور بالاترین میزان (۴۱/۵ ± ۰/۸٪) است (p < ۰/۰۵).

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 ( $1/2 \pm 0/2$ ) 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 به ترتیب ۴۰ و ۴۲/۵ درصد است

و در دو تیمار HP-St و LP-St درصد چربی آنزیم لیپاز بالاترین میزان فعالیت را در تیمار پروتئین پایین- کربوهیدرات بالا (LP-St) نشان داده است ( $30 \pm 1U/mg \text{ protein}$ ) و پایین ترین میزان فعالیت مربوط به تیمار تغذیه شده با جیره LP-L است ( $p < 0/05$ ) (نمودار ۲).



نمودار ۱ چربی کل بافت تاسماهی سبیری (میانگین  $\pm$  SD).



نمودار ۲ فعالیت اختصاصی لیپاز پانکراسی (میانگین  $\pm$  SD).



## 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 سبیری در مطالعه حاضر C16:0، C18:1n9، C18:2n6 و C22:6n3 می‌باشند که این ۴ 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. baerii*\**naccarii*) 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 به ترتیب سبب افزایش SFA و MUFA در تیمار تغذیه شده با پروتئین بالا و کربوهیدرات بالا (HP-St) شده است در حالی که محتوای C18:2n6 سبب افزایش PUFA در تیمار LP-L شده است.

در مطالعه حاضر میزان اسیدهای چرب MUFA در بدن تاس‌ماهی سبیری (۳۷-۴۲ 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 (۴۵/۴ درصد)، تاس‌ماهی آدریاتیک (۴۷/۷ درصد) (Badiani et al., 1997)، تاس‌ماهی سبیری (در ماهیچه ۳۹/۹ درصد)

(Nieminen et al., 2014)، فیل‌ماهی (۴۳/۱ درصد) (Ghomi et al., 2013) و تاس‌ماهی هیبرید (*Acipenser baerii*\**naccarii*) (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 (۳۹-۴۱ 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<sup>۱</sup> 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 تیلایپای 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 سبیری 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

شده با چربی بالا (HP-L و LP-L) به طور 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 تاس ماهیان (1994) و همچنین در مطالعات دیگری بروی تاس ماهیان (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 زمانی که از مقادیر بالای کربوهیدرات (LP-St و HP-St) در جیره استفاده می‌شود، ضروری به نظر 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 لپاز 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 لپاز 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).

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 و DHA (C22:6n-3) شود (Storebakken et al., 1999). در این مطالعه محتوای 18:2n-6 در تمام جیره‌ها بالا و حدود ۱۸-۲۴ درصد است، در حالی که محتوای 18:3n-3 تنها ۱-۱/۵ درصد است. با توجه به اینکه مقادیر اسیدهای چرب EPA و DHA در بدن ماهی تحت تأثیر جیره‌های مختلف استفاده نشده است، از این رو 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 (Nieminen, 2009). به گزارش (Abedian- Kenari et al., 2009). تاس ماهی 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 طول‌سازی و غیراشباع‌سازی زنجیره در این بافت‌ها است. DHA در ترکیبات ساختاری و غشایی، فعالیت آنزیم‌ها، انتقال یون‌ها و در ساختمان مغز و شبکه نقش دارد (Bell and Dick, 1991). مقدار اسید چرب EPA (C20:5n-3) (۱/۹-۲/۱ درصد) و DHA (حدود ۱۲ درصد) در تاس ماهی سیبری در مقایسه با تاس ماهی هیبرید که میزان EPA آن ۹/۴ درصد و DHA آن ۱۵ درصد است (Vaccaro et al., 2005)، نشان می‌دهد که میزان اسید چرب EPA در سطح پایینی قرار دارد. مقایسه EPA جیره غذایی تاس‌ماهی هیبرید (۱۲/۵۴ درصد) (Vaccaro et al., 2005) با مطالعه حاضر (۳/۷-۳/۱ 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

چربی (۱۷ و ۲۴ درصد) جیره اثری بر فعالیت اختصاصی لیپاز باس دریایی نشان نداده است، در حالی که این اختلاف معنادار در مطالعه Cahu و Zambonino Infante (۱۹۹۹) تنها در تیمار حاوی مقادیر ۱۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد چربی مشاهده شده است. با توجه به اینکه درصد چربی جیره در تمامی جیره‌ها زیر ۲۰ درصد است، اختلاف معنادار در فعالیت اختصاصی لیپاز با تغییرات چربی جیره قابل توجیح است.

همچنین عوامل درون‌ریز (اندوکرین) نقش میانجی مهمی در پاسخ فعالیت لیپاز به سطوح چربی جیره و ترکیب آن ایفا می‌کنند (Morais et al., 2007). مشخص شده است که چربی جیره ترشح کوله سیستوکینین (CCK) و سکرترین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این هورمون‌های روده‌ای در تحریک ترشح آنزیم‌های پانکراتیکی دلالت دارند (Spannagel et al., 1996). طول زنجیره کربنی اسیدهای چرب نیز مشخص شده که تأثیر معناداری در ترشح کوله سیستوکینین دارد (Matzinger et al., 2000) اما این تأثیر در گونه‌های مختلف کاملاً متفاوت بوده و نیاز به مطالعات بیشتری درباره ماهیان دارد.

با بررسی ترکیب اسیدهای چرب بافت تاس ماهی سیبری پرورشی می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب اسیدهای چرب بافت بدن به‌طور معناداری تحت تأثیر ترکیب اسیدهای چرب جیره می‌باشند و جیره‌هایی با پروتئین و کربوهیدرات بالا سبب تجمع اسیدهای چرب اشباع و MUFA در بدن این ماهیان شده و جیره با چربی بالا محتوای PUFA را در بافت بدن افزایش می‌دهد. این مطالعه نشان می‌دهد تجمع چربی در بافت بدن تحت تأثیر میزان کل محتوای چربی جیره است و فعالیت آنزیم لیپاز در روده تاس ماهی سیبری در جیره LP-L تحت تأثیر میزان کم HUFA، کاهش یافته است. با توجه به اینکه نسبت

لیپازها تأثیر کمی روی استرهای مومی به‌ویژه آنهایی که دارای زنجیره کوتاه و اسیدهای چرب اشباع هستند، دارند. ماهیان چند آدپتاسیون برای غلبه با مشکل هضم موم استرها نشان می‌دهد از جمله: افزایش تولید لیپاز پانکراسی و افزایش میزان لیپازهای غیراختصاصی و استرازاها (Finn and Kapoor, 2008). مطالعه‌ای که بر روی لارو باس دریایی اروپایی انجام شد نشان داد که فعالیت لیپاز تحت تأثیر افزایش محتوای چربی جیره نیست بلکه نوع اسیدهای چرب، فعالیت لیپاز را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در واقع محققان مشاهده کردند که باس دریایی‌ای که از چربی‌های گیاهی تغذیه کرده نسبت به زمانی که از روغن ماهی تغذیه کرده است، فعالیت لیپاز بیشتر دارد. در روغن گیاهی محتوای اسیدهای چرب MUFA و SFA و در روغن ماهی محتوای PUFA بیشتر است (Morais et al., 2004). با توجه به توضیحات بیان شده، در تاس ماهی سیبری نیز فعالیت لیپولیتیک در جیره LP-L به‌طور معناداری کاهش یافته است که می‌توان آن را به محتوای کمتر HUFA در جیره مذکور نسبت داد.

یکی از مهم‌ترین عامل خارجی بر میزان چربی بافت بدن، رژیم غذایی است. در این تحقیق با افزایش میزان چربی جیره، چربی تجمع یافته در بافت بدن نیز افزایش یافته است. به‌طوری‌که بیشترین میزان چربی بافت بدن تاس ماهی سیبری در تیمار غذای HP-L و LP-L با ۱۶-۱۷/۵ درصد چربی نشان داده شده است در حالی که فعالیت لیپاز غیر از تیمار HP-L، روند معکوسی با نتایج مذکور داشته است. گزارش شده است محتوای کل چربی جیره، آنزیم‌های لیپولیتیک را هم در پستانداران (Spannagel et al., 1996) و هم در ماهیان مانند باس دریایی تحریک می‌کند (Zambonino Infante and Cahu, 1999). در مطالعه Morais و همکاران (۲۰۰۴)، افزایش در محتوای

**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 Biochemistry*, 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*". *Aquaculture*, 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.

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 به علت 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:

بدین وسیله از همکاری مسئولان و کارکنان محترم مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس ماهیان 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 (*Sander lucioperca*) 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.

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). Campaign: 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 Arabinosylan-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

- 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.: Gastrointest". *Liver Physiol.*, 33: G128-G135.
- Standis, 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., Ringo, 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

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



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

SeyedehSedighehBabaei<sup>1</sup>, AbdolmohammadAbedian Kenari<sup>2\*</sup>, Mehdi Hedayati<sup>3</sup>, Mohammad Ali Yazdani-Sadati<sup>4</sup>

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

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

\*Corrospoding 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,  $30 \pm 5$  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