CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

جایگزینی روغن ماهی جیره غذایی با سطوح مختلف روغن گیاهی کانولا بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و فعالیت آنزیم‌های گوارشی بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*)

محمود محسنی*[۱]، میرحامد سید حسنی[۱]، منصور شریفیان[۲]، سمیه حسن‌پور [۳]

*mahmoudmohseni73@gmail.com

۱- انستیتو تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. صندوق پستی: ۳٤٦٤-٤١٦٣٥.

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- دانشگاه پیام نور گیلان، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: خرداد ۱٤۰۰ تاریخ پذیرش: فروردین ۱٤۰۱

چکیده

تاثیر جایگزینی سطوح مختلف روغن ماهی کیلکا با روغن کانولا بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و آنزیم‌های گوارشی بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) مورد بررسی قرار گرفت. ۱۸۰ عدد بچه ماهی (وزن متوسط ۲/۰۹±۲۲/۵ گرم) به مدت ۱۰ هفته با ۴ جیره غذایی پروتئین و چربی (۴۴ و ۱۴ درصد) ((۱: ۱۰۰ درصد روغن ماهی (FO_{100})، ۲: ۱۰۰ درصد روغن کانولا (CO_{100})،۳: ۵۰ درصد روغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا (CO_{50}+FO_{50}) و ۴: ۷۰ درصد روغن ماهی + ۳۰ درصد روغن کانولا (FO_{100}+CO_{30})) تغذیه شدند. میانگین شاخص‌های رشد و کارایی غذا در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره های FO_{100} و CO_{100} به طور معنی‌داری نسبت به ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی مخلوطی از روغن کانولا و روغن ماهی (CO_{50}+FO_{50} و FO_{100}+CO_{30}) کمتر بود ($p<۰/۰۵$). تغییر در نسبت روغن ماهی و روغن کانولا موجب تغییر معنی‌دار در رطوبت، چربی و خاکستر لاشه ($p<۰/۰۵$) شد، اما اثر معنی‌داری بر پروتئین لاشه نداشت ($p>۰/۰۵$). مقادیر آنزیم لیپاز و کیموتریپسین در ماهیان تغذیه‌شده با جیره CO_{50}+FO_{50} به طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌های FO_{100} و CO_{100} بود ($p<۰/۰۵$). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده ترکیبی از منابع روغن گیاهی و روغن جانوری به نسبت مساوی تاثیر بهتری بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و آنزیم‌های گوارشی تاسماهی سیبری در مرحله رشد دارد.

لغات کلیدی: تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*)، روغن کانولا، روغن ماهی، عملکرد رشد و ترکیب لاشه

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

مقدمه

صنعت پرورش ماهیان خاویاری در کشور به‌سرعت در حال رشد است که گونه‌های فیل‌ماهی و تاسماهی سیبری گونه‌های اصلی پرورش محسوب می‌شوند (عبدالحی و کرمی‌راد، ۱۳۹۷). در این صنعت روغن ماهی به دلیل دارا بودن اسیدهای چرب از جمله، چند زنجیره غیراشباع (PUFA) و به‌شدت غیراشباع (HUFA) به‌ویژه ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دیکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) که نقشی حیاتی در فعالیت سیستم عصبی، غشاء سلولی، رشد و سلامت ماهی دارند، منبع اصلی تأمین‌کننده چربی در ماهیان است (Luo *et al*., 2019). این در حالی است که توسعه صنعت پرورش آبزیان به‌ویژه ماهیان خاویاری نیاز به روغن ماهی دارد که قسمت عمده آن از صید ماهیان سطح‌زی تامین می‌شود درحالی‌که صید ماهیان سطح‌زی به بالاترین حد خود رسیده است و در سالیان آینده در بهترین حالت با ثبات در صید، به دلیل افزایش تقاضا جهت روغن ماهی، این ماده هر روز گران‌تر خواهد شد (Tacon and Metian, 2008). بنابراین، باید منابع جایگزین روغن ماهی در خوراک ماهیان خاویاری که عمدتاً روغن‌های گیاهی فاقد اسیدهای چرب PUFA و HUFA به‌ویژه EPA و DHA و درجات مختلف اسیدلینولئیک (18:3n-3) و اسیدلینولنیک (18:3n-3) هستند، در نظر گرفته شود (Sargent *et al*., 2002; Liu *et al*., 2018). ماهیان آب شیرین قادر به تبدیل زنجیره‌های ۱۸ کربنه این دو اسید چرب به زنجیره‌های طولانی‌تر و اشباع نشده بوده درحالی‌که گونه‌های گوشتخوار دریایی دارای آنزیم‌های لازم جهت تبدیل زیستی زنجیره‌های ۱۸ کربنه اسیدهای چرب PUFA هستند، اما فاقد توانایی جهت تبدیل زنجیره‌های ۱۸ کربنه به زنجیره‌های طولانی‌تر و غیراشباع‌تر و در نهایت اسیدهای چرب HUFA هستند (Sargent *et al*., 2002; Tocher *et al*., 2002; Mourente *et al*., 2005). بنابراین، برخی محققین اصطلاح اسیدهای چرب ضروری را تنها برای اسیدلینولنیک و اسیدلینولئیک به‌کار می‌برند که سنگ بنای تبدیل اسیدهای چرب HUFA در بعضی ماهیان است (Turchini *et al*., 2009) در میان روغن‌های گیاهی، روغن کانولا به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسیدلینولئیک و اسیدلینولنیک، تناسب مطلوب این دو اسید (۲:۱) (Yıldız *et al*., 2018) و مقادیر بالای اسیداولئیک (18:1n-9) گزینه مناسبی جهت جایگزینی روغن ماهی است (Pourhosien-Sarameh *et al*., 2019; Mohseni *et al*., 2022). نتایج تحقیقات برخی محققین نشان داده است که تاسماهی سفید (Xu *et al*., 1993) و فیل‌ماهی (Nikzad Hassankiadeh *et al*., 2013) توانایی غیراشباع نمودن زنجیره‌های ۱۸ کربنه PUFA و استفاده از روغن کانولا را به عنوان یک منبع غنی لیپید دارند، اما در مورد توانایی تاسماهی سیبری مطالعات کمی صورت گرفته است. از سوی دیگر، جایگزینی روغن‌های گیاهی در سطوح مختلف موجب تغییرات معنی‌دار در ترکیب اسید چرب لاشه گونه‌های فیل‌ماهی (Falahatkar *et al*., 2016) و تاسماهی هیبرید (*Acipenser baeri* Brandt ♀ × *Acipenser schrenckii* Brandt ♂) (Yu *et al*., 2020) و ترکیب بیوشیمیایی لاشه تاسماهی هیبرید (*Acipenser baeri* Brandt♀×*A. schrenckii* Brandt♂) (Liu *et al*., 2018) گردید و از آن‌جایی‌که ماهیان خاویاری و اصولاً ماهیان به دلیل کیفیت گوشت و مقادیر اسیدهای چرب به‌شدت غیراشباع (HUFA) مورد مصرف قرار می‌گیرند (Liu *et al*., 2018). پرداختن به این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. همچنین اگرچه روغن کانولا ارزان‌تر و قابل دسترس‌تر از پودر ماهی است، اما توانایی ماهی در هضم و جذب لیپید از منبع، ترکیب، درجه اشباعیت و طول زنجیره اسیدچرب سازنده آن تاثیر می‌پذیرد (Morais *et al*., 2006; Turchini *et al*., 2009)، مطالعات Caballero و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که ضرایب ظاهری هضم لیپید اسیدهای چرب اشباع نشده (PUFA) بالاتر از اسیدهای چرب اشباع شده (SFA)است و به طور مستقیم به فعالیت آنزیم‌های گوارشی است که مسئول مراحل نهایی تجزیه و جذب مواد مغذی می‌باشند (Chau and Zambonino Infant, 2001; Fountoulaki *et al*., 2005)، وابسته است. لیپاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌ها در فرآیند هضم چربی (Jun-Sheng *et al*., 2006) است و وظیفه کاتالیز باندهای کربوکسی– استری تری‌گلیسریدها، استرهای کلسترول و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

چربی‌های محلول در استرهای ویتامینی را بر عهده دارد (Zambonino infant and Chau, 2001). فعالیت لیپاز در دستگاه گوارش یا حداقل در بخشی از دستگاه گوارش تاسماهیان وجود دارد (Fange and Grove,1979). اما مطالعات اولیه حاکی از فعالیت کم آنزیم لیپاز در تاسماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) و دریاچه‌ای (*Acipenser fulvecense*) بود (Buddington, 1985; Buddington and Doroshov; 1986). مطالعاتی نیز نشان داده است که قابلیت هضم چربی در تاسماهی آدریاتیک (*Acipenser naccarii*) در سطح بالایی قرار دارد (Furne *et al.*, 2005). در برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، افزایش تولید کلزا از ۱۴۶هزار تن طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ به ۹۳۴ هزار تن در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در نظر گرفته شده است (شهنواز، ۱۴۰۰). در حال حاضر، قیمت یک لیتر روغن کانولا ۱۵۰۰۰۰-۱۸۰۰۰۰ و قیمت یک لیتر روغن ماهی بالغ بر ۴۰۰۰۰۰-۳۸۰۰۰۰ ریال می‌باشد (مکاتبات شخصی نویسنده). این در حالی است که تولید روغن ماهی به دلیل کمبود صید ماهیان سطح‌زی هر ساله رو به کاهش است. بنابراین، با توجه به مواد مذکور لزوم مطالعه در خصوص بررسی اثرات جایگزینی این روغن به جای روغن ماهی در جیره غذایی آبزیان امری اجتناب ناپذیر است. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر سطوح مختلف روغن ماهی و روغن کانولا در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و خون شناسی بچه تاسماهی سیبری و امکان جایگزینی آن به جای روغن ماهی بود.

مواد و روش کار

ساخت جیره

آرد ماهی کیلکا عمل‌آوری شده در دمای پایین، روغن کانولا و روغن ماهی کیلکا (به نسبت مساوی) و آرد گندم به‌ترتیب به عنوان منابع پروتئینی، چربی و کربوهیدرات در نظر گرفته شد و چهار جیره ایزونیتروژنوس و ایزولیپیدیک با استفاده از نرم افزار UFFDA (جورجیا، آمریکا) فرموله شد (محسنی و ملک پور، ۱۳۹۷). مواد خشک قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب (شرکت دامیکور، تهران – ایران) به قطر ۲۰۰ میکرون شکسته شدند. مواد ریزمغذی از قبیل ویتامین‌ها، مواد معدنی و ال-کارنتین با پودر گندم به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه هم زن دو زمانه (ری بونی، شرکت گرما الکتریک، آمل)، کاملا با یکدیگر مخلوط و به سایر ترکیبات، افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه با مخلوط‌کن (شرکت پویا نوش تاش، مشهد، ایران) مخلوط شدند. سپس به آنها روغن و آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد (۵۰۰ میلی‌لیتر به ازاء هر کیلوگرم) اضافه شد تا یک خمیر سفت تشکیل شود. پس از اطمینان از مخلوط‌شدن تمامی ترکیبات به صورت همگن، جیره با استفاده از یک چرخ گوشت صنعتی با توجه به اندازه دهان ماهی به قطر ۴ میلی‌متر پلت شد. فرق عمده این جیره‌ها در منبع و درصد چربی و ترکیب اسیدهای چرب آنها بود (جدول ۱). سپس پلت‌ها با استفاده از خشک ن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت تا رطوبت تقریبی ۱۰ درصد خشک، شماره‌گذاری و در محفظه‌های عاری از هوا بسته‌بندی و تا زمان مصرف در دمای منفی ۱۸ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. یک ساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها از فریزر خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق، با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفتند.

تغذیه و پرورش ماهیان

تعداد ۱۸۰ عدد بچه ماهی (وزن متوسط ۲/۰۹±۲۲/۵ گرم) در مخازن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری، با قطر ۱۰۵ سانتیمتر، ۵۱ سانتی‌متر ارتفاع و حجم آب ۵۰۰ لیتر که با آب رودخانه سفیدرود و آب چاه نیمه عمیق با دبی ۴/۷۵ لیتر آب‌رسانی می‌گردید، به تعداد ۱۰ عدد ماهی در هر تانک بدون اختلاف معنی‌دار در شاخص وزن ($p>0/05$) در قالب چهار تیمار ((۱: ۱۰۰ درصد روغن ماهی (FO_{100})، ۲: ۱۰۰ درصد روغن کانولا (CO_{100})،۳: ۵۰ درصد روغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) و ۴: ۷۰ درصد روغن ماهی + ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$)) توزیع و به مدت ۱۲ هفته (دو هفته دوره سازگاری به شرایط پرورشی) و تا حد سیری در ۳ نوبت (۸ صبح، ۱۴ عصر و ۲۰ شب) تغذیه شدند (Mohseni *et al.*, 2011, 2013).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

جدول ۱: ترکیب و مقادیر (درصد) مواد اولیه تشکیل‌دهنده خوراک

Table 1: Composition and amounts (in percentage) of feed ingredients

اجزای غذایی (٪)	روغن ماهی(FO)	روغن کانولا(CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا (CO_{50}+FO_{50})	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا (FO_{100}+CO_{30})
پودر ماهی[۱]	۴۱	۴۱	۴۱	۴۱
پودر سویا[۱]	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
کنجاله کانولا[۲]	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
آرد گندم[۱]	۶/۷۳	۶/۷۳	۶/۷۳	۶/۷۳
گلوتن گندم[۱]	۳	۳	۳	۳
پودر گوشت و استخوان[۱]	۳	۳	۳	۳
مخمر[۱]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
لستین سویا[۳]	۴	۴	۴	۴
میتونین[۱]	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
لایزین[۱]	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹
ال – کارنتین[۴]	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
کولین کلراید[۱]	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
ویتامین C[۱]	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
نمک	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
روغن ماهی[۱]	۶/۲	۰	۳/۱	۴/۳۴
روغن کانولا	۰	۶/۲	۳/۱	۱/۸۶
مکمل ویتامینی[۵]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی[۶]	۱	۱	۱	۱
منوکلسیم فسفات[۱]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب بیوشیمیایی (درصد)				
رطوبت	۱۰/۰	۹/۲	۸/۹	۹/۵
پروتئین	۴۳/۵	۴۴/۲	۴۳/۸	۴۴/۲
چربی	۱۴/۱	۱۴/۲	۱۴/۳	۱۴/۲
خاکستر	۱۰/۱	۹/۳	۱۰/۲	۹/۸
فسفر کل	۱/۴۳	۱/۳۸	۱/۴۱	۱/۳۶
فیبر	۳/۶	۳/۸	۳/۷	۳/۶
انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم جیره)	۳۳۹۴/۹	۳۳۸۹/۸	۳۳۹۲/۸	۳۳۹۰/۵

۱. پودر و روغن ماهی کیلکا، تهیه شده کارخانه خوراک آبزیان بهدانه شمال - شهرک صنعتی میرود بابلسر- ایران

۲. کارخانه روغن ناز اصفهان

۳. تهیه شده در شرکت کیمیا رشد، گرگان، ایران

۴. تولید شده شرکت Applichem، آلمان

۵. مکمل ویتامینی شامل ال- آلفا توکوفرول استات ۶۰ IU- ال – کولکلسیفرول ۳۰۰۰ IU در کیلوگرم، پیرودوکسین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین . تیامین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک اسید ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدفولیک ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیداسکوربیک ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوسیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتوتئات ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم. بود.

۶. مکمل معدنی شامل کربنات کلسیم ۴۰ درصد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتاسیم ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات مس ۰/۳ گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم در کیلوگرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلرید پتاسیم ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلرید سدیم ۰/۴ گرم در کیلوگرم بود. (اعداد ۵ و ۶ در جدول مشخص نیست؟؟؟ اصلاح گردید)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

دوره نوری به صورت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم گردید. میانگین دما، اکسیژن و pH در طول دوره پرورش به‌ترتیب ۰/۵۳±۲۴/۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۰/۲۱±۶/۹۰ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۰۹±۷/۹۲ بودند. جهت ارزیابی میزان رشد و تعیین زی‌توده هر مخزن پس از هر مرحله زیست‌سنجی، شاخص‌های رشد محاسبه شدند.

روش‌های آزمایشگاهی

آنالیز شیمیایی مربوط به پروتئین خام، لیپید خام، رطوبت و خاکستر جیره‌های غذایی مطابق با روش‌های استاندارد انجام گرفت (AOAC, 1995). در پایان دوره آزمایش از هر تکرار تعداد ۲ عدد ماهی (۶ عدد ماهی از هر تیمار، در مجموع ۲۴ قطعه) به طور تصادفی انتخاب شدند و پس از قرار گرفتن در محلول گل میخک تا بیهوشی کامل و مرگ پس از خارج نمودن امعاء و احشاء به کمک چرخ گوشت سه بار چرخ و به آزمایشگاه جهت آنالیز لاشه منتقل شدند. مقدار رطوبت نمونه، از قرار دادن ۱ گرم از نمونه در دستگاه آون (Memert- BM55 آلمان) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن نمونه به وزن ثابت تعیین گردید. ماده خشک جیره غذایی و لاشه و سپس خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (مدل Ecotec-sic 07) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت تعیین و پروتئین خام به روش کجلدال (مدل Behr آلمان) با ضریب ثابت (۶/۲۵) تعیین شد. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسوله (مدل Behr آلمان) و با استفاده از اتر به عنوان حلال صورت گرفت. کربوهیدرات کل نیز با کسر اعداد حاصل از پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت از عدد ۱۰۰ به‌دست آمد (AOAC, 1995). به منظور استخراج چربی و تعیین میزان چربی کل، از روش متیلاسیون استفاده شد (Folch *et al*., 1957). تعیین ترکیب اسیدهای چرب به‌وسیله دستگاه GC پس از متیالسیون اسیدهای چرب انجام گرفت در این تحقیق، دستگاه GC با مارک Younglin ساخت کشور کره جنوبی، مدل 6100 و ستون BPX70 ساخت شرکت SGE و با مشخصات 60m×0.25mm×0.25µm (Film) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت، اسیدهای چرب موجود در کروماتوگرام مربوط به هر جیره در مقایسه با منحنی استاندارد شناسایی گردید.

سنجش آنزیم‌های گوارشی

نمونه‌برداری از ماهیان در انتهای دوره بعد از ۲۴ ساعت قطع غذادهی انجام گرفت. از هر تیمار ۹ قطعه ماهی جدا پس از قرار گرفتن در محلول گل میخک تا بیهوشی کامل و مرگ، دستگاه گوارش آن‌ها با استفاده از اسکالپر جدا و با سرم فیزیولوژی شستشو و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. پروتئین محلول نمونه‌های هموژن شده دستگاه گوارش توسط دستگاه اسپکترومتری و با روش Bradford (۱۹۷۶) سنجیده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از آلبومین سرم گاوی (BSA) استفاده گردید. برای تعیین فعالیت آنزیم پپسین از سوبسترا و با روش Worthington (۱۹۹۱)، آنزیم تریپسین از Benzoyl – DL-arginin-p-nitroanilide به عنوان سوبسترا، آنزیم کیموتریپسین از سوبسترا Succinyl - 2- Pro-phe – nitroanilide (Ala) به روش Erlanger و همکاران (۱۹۶۱) و آنزیم لیپاز با استفاده از هیدرولیز P- nitrophenyl myristate به عنوان سوبسترا به روش Iijima و همکاران (۱۹۹۸) استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲: پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های آزمایشی بچه تاسماهی سیبری (n=3 برای هر تیمار)

Table 2 - Fatty acid profiles of experimental diets of Siberian sturgeon fry (n = 3 for each treatment)

اسید چرب – فرمول کربن	روغن ماهی(FO)	روغن کانولا(CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$)	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$)
میرستیک (C14:0)	۲/۴۸	۲/۲۲	۲/۲۱	۲/۱۷
پالمتیک (C16:0)	۲۱/۸۵	۱۷/۸۶	۱۸/۶۶	۱۹/۲۵
استئاریک (C18:0)	۴/۴۳	۳/۹۹	۴/۱۶	۴/۱۴
آراشیدیک (C20:0)	۰/۳۴	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۳۸

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

اسید چرب - فرمول کربن	روغن ماهی(FO)	روغن کانولا(CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$)	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$)
میریستولئیک (C14:1n-5)	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۵
پالمیتولئیک (C16:1n-7)	۴/۱۵	۳/۲۹	۳/۷۱	۴/۹۸
اولئیک (C18:1n-9)	۳۱/۵۶	۴۶/۳۱	۳۸/۸۱	۳۶/۳۳
ایکوزانوئیک (C20:1n-9)	۱/۸۸	۰/۴۸	۰/۸۲	۱/۲۲
لینولئیک (C18:2n-6)	۱۶/۲۹	۲۲/۳۳	۲۱/۶۲	۱۸/۱۱
ایکوزانوئیک (C20:2n-6)	۰/۴۶	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۵۲
آراشیدونیک (C20:4n-6)	۰/۷۵	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۶۷
آلفا لینولنیک (C18:3n-3)	۲/۲۶	۳/۳۵	۳/۱۱	۳/۲۱
ایکوزاپنتانوئیک (C20:5n-3)	۶/۵۶	۳/۳۶	۳/۴۱	۴/۰۳
دیکوزاهگزانوئیک (C22:6n-3)	۱۲/۵۱	۷/۲۵	۷/۸۱	۸/۴۶
SFA	۲۸/۹۷	۲۴/۲۸	۲۵/۳۱	۲۵/۹۳
MUFA	۳۷/۷۲	۵۰/۰۸	۴۳/۲۹	۴۲/۵۲
PUFA	۳۸/۸	۳۷/۲۲	۳۶/۴۹	۳۴/۴۳
Total N3	۲۱/۳۲	۱۳/۸۷	۱۳/۷۹	۱۵/۳۲
Total N6	۱۷/۴۸	۱۲/۳۵	۲۲/۷۰	۱۹/۱۱
N3/N6	۱/۲۲	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۸۰
PUFA/SFA	۱/۳۴	۱/۵۳	۱/۴۵	۱/۳۳
DHA/EPA	۱/۸۸	۲/۱۷	۲/۲۹	۲/۰۷
EPA/ARA	۸/۶۰	۷/۷۳	۶/۳۴	۶/۳۲
DHA/ARA	۱۶/۱۲	۱۶/۷۷	۱۴/۱۳	۱۳/۰۶

محاسبه شاخص‌های رشد

با انجام زیست‌سنجی‌های یک‌ماهه و با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از طول و وزن ماهیان و تشکیل بانک اطلاعاتی، محاسبات آماری شاخص‌های رشد، غذا، شاخص هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه گردید:

ضریب چاقی (CF)= ۱۰۰× (وزن ماهی)/ (طول کل یا چنگالی) (Fynn-Aikins *et al*., 1993)

افزایش وزن (WG) (g)= وزن نهایی(g)– وزن اولیه (g) (Hung and Lutes, 1987)

افزایش وزن بدن (BWI) (درصد)= ((افزایش وزن (g)/ وزن ابتدایی (g)) × ۱۰۰ (Hung and Lutes, 1987)

ضریب رشد ویژه ((SGR))(% در روز) = ۱۰۰×[(لگاریتم وزن نهایی– لگاریتم وزن اولیه)/ تعداد روز (زمان)

نرخ تبدیل غذایی (FCR) = غذای خشک مصرفی شده (g) / افزایش وزن (g) (Abdelghany and Ahmad, 2002)

نرخ کارایی پروتئین (PER) = وزن تر اضافه شده (افزایش بیوماس) (g) به گرم) / مقدارپروتئین مصرفی(g) (Moore *et al*., 1988)

شاخص هپاتوسوماتیک (HSI)= (وزن کبد) / (وزن بدن) × ۱۰۰(Wang *et al*., 2006)

شاخص احشایی (VSI)= (وزن کبد) / (وزن بدن) × ۱۰۰(Wang *et al*., 2006)

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف اسمیرنوف جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون واریانس یک طرفهANOVA و برای مقایسه بین میانگین‌ها از آزمون دانکن به کمک نرم افزار SPSS 20استفاده شد. برای رسم نمودار نیز از نرم افزار

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

EXCEL 2007 در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره پرورش در تیمارهای مطالعه حاضر روند به نسبت ثابتی را برای هر یک از شاخص‌ها نشان داد به‌طوری‌که میزان درجه حرارت آب در محدوده ۱۸-۱۷ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول فراتر از ۷/۰ میلی‌گرم در لیتر، pH حدود ۸- ۷/۵ و آمونیاک کل در محدوده ۰/۱۸±۰/۴ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد (جدول ۳).

جدول۳: شرایط فیزیکوشیمیایی آب تانک‌های پرورش طی دوره تغذیه ماهیان با جیره‌های فرموله شده (میانگین ± انحراف معیار)

Table 3: Physicochemical conditions of water in breeding tanks during the feeding period of fish with the formulated diets (mean ± standard deviation)

پارامترها	بیست و پنج روز اول	بیست و پنج روز دوم	بیست روز سوم	میانگین کل
درجه حرارت (سانتی گراد)	۱۹/۱ ±۰/۴	۱۸/۲ ±۰/۵	۱۸/۳ ±۰/۴۶	۱۷/۸۵ ± ۰/۴۵
اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر)	۷/۵ ±۰/۵۱	۷/۱±۰/۲	۷/۱۴ ±۰/۴	۷/۲۲ ± ۰/۳۶
pH	۷/۸ ±۰/۱	۸/۱±۰/۵	۷/۶ ±۰/۳	۸/۱ ± ۰/۳۰
آمونیاک کل (میلی‌گرم در لیتر)	۰/۳۸ ± ۰/۲۱	۰/۴۲ ± ۰/۱۵	۰/۴۳ ± ۰/۲۲	۰/۴ ± ۰/۱۶

شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و ضریب تبدیل غذا

در جدول ۴، نتایج شاخص‌های رشد را در تاسماهی سیبری پرورشی در پایان هفته دهم ارائه شده است. وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و شاخص رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با جیره ۵۰ درصد روغن ماهی و ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) و جیره ۷۰ درصد روغن ماهی و ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). بالاترین میزان فاکتور وضعیت و شاخص هپاتوسوماتیک در ماهیان تغذیه شده با جیره ۵۰ درصد روغن ماهی و ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) مشاهده گردید که دارای اختلاف معنی‌دار با ماهیان تغذیه شده با جیره CO (۱۰۰ درصد روغن کانولا) بودند ($p<0/05$).

جدول ۴: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل غذا و نسبت تبدیل اقتصادی بچه تاسماهی سیبری تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف غذایی پس از ۷۰ روز پرورش

Table 4. Growth performance comparison of Siberian sturgeon fry fed the diets containing different levels and sources of oil after 70 days

شاخص	روغن ماهی(FO)	روغن کانولا(CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$)	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$)
وزن اولیه (گرم)	۲۲/۳۸±۰/۱۲	۲۲/۶۳±۰/۲۷	۲۲/۴۸±۰/۲۵	۲۲/۵±۰/۲۲
وزن نهایی (گرم)	۱۳۸/۹±۴/۲۹^{b}	۱۳۸/۱±۴/۸۲^{b}	۱۵۳/۵±۶/۵۶^{a}	۱۴۸/۶±۳/۸۶^{a}
افزایش وزن بدن (درصد)	۵۲۰/۵±۱۵/۶^{b}	۵۱۰/۳±۲۸/۴^{b}	۵۸۳/۲±۲۶/۹^{a}	۵۶۱/۶±۹/۷^{a}
ضریب چاقی	۰/۳۱±۰/۰۱^{ab}	۰/۳۰±۰/۰۱^{b}	۰/۳۳±۰/۰۱^{a}	۰/۳۲±۰/۰۱^{ab}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۶۱±۰/۰۶^{b}	۲/۵۸±۰/۰۸^{b}	۲/۷۴±۰/۰۶^{a}	۲/۷۰±۰/۰۹^{a}
ضریب تبدیل‌غذایی	۱/۳۷±۰/۰۶^{b}	۱/۴۰±۰/۰۲^{b}	۱/۱۴±۰/۰۳^{a}	۱/۱۹±۰/۰۶^{a}
نسبت کارایی پروتئین	۱/۱۸±۰/۰۴^{b}	۱/۱۶±۰/۰۹^{b}	۱/۳۲±۰/۰۶^{a}	۱/۲۸±۰/۰۱^{a}
شاخص کبدی (درصد)	۳/۷۶±۰/۳۹^{ab}	۳/۲۲±۰/۷۸^{b}	۴/۹۴±۰/۴۴^{a}	۴/۱۵±۰/۳۳^{ab}
شاخص احشایی درصد	۱۱/۶۳±۰/۷۹	۱۱/۵۹±۰/۶۳	۱۳/۲۹±۰/۷۴	۱۲/۴۴±۰/۵۳
قیمت جیره (کیلوگرم/ریال)	۱۶۵۰۰۰	۱۴۸۰۰۰	۱۵۶۵۰۰	۱۵۳۱۰۰

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($P<0.05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

پایین‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی به میزان ۱/۱۴ متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره ($CO_{50}+FO_{50}$) بود که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های روغن ماهی (FO) و روغن کانولا (CO) بودند. بالاترین نسبت کارایی پروتئین (۱/۳۲) نیز مربوط ماهیان تغذیه شده با همین جیره بود که به استثناء ماهیان تغذیه‌شده با جیره ($FO_{100}+CO_{30}$)، دارای اختلاف معنی‌دار آماری با دو جیره بعد بود ($p<۰/۰۵$). بررسی نتایج شاخص احشایی و درصد بازماندگی ماهیان اختلاف معنی‌دار آماری را بین تیمارهای غذایی نشان نداد ($p>۰/۰۵$). میزان شاخص احشایی در ماهیان تغذیه‌شده با جیره ($CO_{50}+FO_{50}$) نسبت به سایر تیمارها از لحاظ عددی بالاتر بود ($p>۰/۰۵$).

ترکیب لاشه

در جدول ۵ نتایج مربوط به اثر سطوح و منابع مختلف روغن جیره بر ترکیب لاشه ارائه شده است. میزان رطوبت لاشه در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ درصد روغن کانولا (CO) به طور معنی‌داری از رطوبت لاشه ماهیان سایر ماهیان پایین‌تر بود ($p>۰/۰۵$). در میزان پروتئین لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های مختلف غذایی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$)، اما کمترین میزان چربی لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره ۱۰۰ درصد روغن کانولا (CO) بود که به طور معنی‌داری نسبت به چربی لاشه ماهیان تغذیه‌شده با تیمار ($CO_{50}+FO_{50}$) پایین‌تر بود ($p<۰/۰۵$). مقادیر متوسط خاکستر لاشه ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۳ (۵۰ درصد روغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا) و ۴ (۷۰ درصد روغن ماهی + ۳۰ درصد روغن کانولا) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵: مقایسه ترکیبات شیمیایی بدن بچه تاسماهی سیبری پرورشی تغذیه شده سطوح و منابع متفاوت چربی (n=۳، میانگین ± انحراف معیار)

Table 5: Body composition comparison of Siberian sturgeon fry fed the diets containing different levels and sources of oil after 70 days (n=3, Avarege ± SD)

شاخص	روغن ماهی(FO)	روغن کانولا(CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا($CO_{50}+FO_{50}$)	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$)
رطوبت (درصد)	۷۴/۶±۲/۲۱ b	۷۵/۳±۳/۳۴ a	۷۳/۸±۲/۴۲ b	۷۳/۹±۲/۳۹ b
پروتئین (درصد)	۱۳/۰۶±۱/۳۰	۱۳/۰۱±۱/۳۶	۱۳/۵۲±۱/۱۳	۱۳/۳۹±۱/۲۳
چربی (درصد)	۹/۰۸±۰/۴۳ ab	۸/۷۱±۰/۷۷ b	۱۰/۲۸±۱/۱۳ a	۹/۴۴±۰/۴۸ ab
خاکستر (درصد)	۲/۶۱±۰/۱۵ b	۲/۶۷±۰/۱۸ b	۳/۲۷±۰/۱۳ a	۳/۰۵±۰/۱۱ a

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($p<۰/۰۵$).

فعالیت آنزیم‌های گوارشی

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در خصوص میزان آنزیم آمیلاز مشاهده نشد (جدول ۶). مقادیر آنزیم لیپاز و تریپسین ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۵۰ درصد روغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) و جیره محتوی ۷۰ درصد روغن ماهی + ۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$) بالاتر از سایر تیمارها بود ($p>۰/۰۵$). مقادیر آنزیم پپسین در ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۱۰۰ درصد روغن کانولا به طور معنی‌داری نسبت به ماهیان تغذیه شده با سایر تیمارها (به استثناء ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۱۰۰ درصد روغن ماهی) پائین‌تر بود ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

جدول ۶: تأثیر سطوح و منابع مختلف چربی بر آنزیم‌های گوارشی تاسماهی سیبری در مدت ۱۰ هفته (۹ عدد ماهی به ازای هر تیمار)
Table 6: Effect of different sources of oil on liver enzymes of Siberian sturgeon during 10 weeks (n=9 per treatment)

آنزیم‌های گوارشی	روغن ماهی (FO)	روغن کانولا (CO)	۵۰ درصدروغن ماهی- ۵۰ درصد روغن کانولا (CO50+FO50)	۷۰ درصدروغن ماهی- ۳۰ درصد روغن کانولا (FO100+CO30)
آمیلاز (U/L)	۹۰/۴±۲/۸	۸۸/۵±۱/۸	۹۳/۱±۲/۳	۹۱/۹±۲/۷
لیپاز (u/mg protein)	۴۹/۷±۱/۶ b	۴۶/۵±۱/۳ b	۵۸/۶±۱/۴a	۶۱/۱±۲/۱ a
پپسین (u/mg protein)	۷۴/۴±۱/۲ ab	۶۶/۴±۱/۶ b	۸۱/۴±۱/۷ a	۸۹/۴±۱/۲ a
تریپسین (u/mg protein)	۳۷/۶±۱/۲ b	۳۵/۶±۱/۳ b	۴۵/۷±۱/۴a	۴۸/۴±۱/۲a

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($P<0.05$).

بحث

جایگزینی روغن کانولا به جای روغن ماهی تأثیر منفی بر بقاء و عملکرد رشد تاسماهی سیبری پس ۱۰ هفته آزمایش نداشت. در مطالعه حاضر، مشاهده شد که نه‌تنها جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن کانولا تأثیر سوئی بر رشد ندارد بلکه جایگزینی۳۰ و ۵۰ درصد روغن کانولا به جای روغن ماهی منجر به افزایش وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و شاخص رشد ویژه در مقایسه با ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی روغن ماهی می‌شود. گزارش‌هایی در دست است که فراوانی اسیدهای چرب اشباع نشده [اولئیک اسید (18:1n-9) و اسیدهای چرب اشباع نظیر اسیدپالمتیک (16: 0)]، آنها را تبدیل به منابع تولید انرژی قابل سوخت‌وساز بهتر در ماهی می‌کند (Kiessling and Kiessling, 1993)، علاوه‌براین، سطوح قابل‌توجهی از اسیدلینولنیک (18:3n-3) در روغن کلزا وجود دارد که از قابلیت تبدیل به ایکوزاپنتاتنوئیک اسید و دیکوزاهگرانوئیک اسید برخوردار است (Patterson and Green, 2015) و نقشی حیاتی در اندام‌زایی در ماهی بازی می‌کنند. مطالعات Xu و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد که تاسماهی سفید (*Acipenser transontanus*) نوجوان در حال رشد می‌تواند از منابع متفاوت چربی مانند روغن ذرت، روغن کبد ماهی، گوشت خوک، روغن دانه، روغن سویا، روغن گلرنگ یا روغن کانولا همانند روغن ماهی تغذیه و رشد کند. نتایج مشابهی از فیل‌ماهی تغذیه‌شده با جایگزینی مخلوطی از روغن‌های گیاهی به جای روغن ماهی (آفتابگردان، دانه سویا و روغن کانولا (Nikzad Hassankiadeh *et al.*, 2013)، تاسماهی هیبرید (روغن گلرنگ و سویا) (*Acipenser baeri* Brandt♀×*A. schrenckii* Brandt♂) (Liu *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2020) به‌دست آمده است. به‌نظر می‌رسد، در تاسماهیان آنزیم‌های غیراشباع‌کننده D-5 و D-6 که در فرایند طویل‌سازی زتجیره PUFA از زنجیره‌های کوتاه دخالت دارند، فعال هستند (Zheng *et al.*, 2004) و می‌توانند تا حد معینی به طویل‌سازی این زنجیره‌ها و تبدیل آن به اسید آراشیدونیک EPA و DHA که نقش مهمی در رشد بهینه و تکامل گنادهای جنسی ماهی دارند، کمک کنند (Guler and Yildiz, 2011) که در مطالعه حاضر درستی این فرضیه در مقایسه افزایش شاخص‌های رشد ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های۱۰۰ درصد روغن ماهی (FO_{100}) و ۱۰۰ درصد روغن کانولا (CO_{100}) مشهود است. افزایش معنی‌دار نسبت کارایی پروتئین در ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی مقادیر یکسان روغن ماهی و روغن کانولا نسبت به سایر تیمارها در مطالعه حاضر، می‌تواند نشان‌دهنده کارا بودن منبع روغن کانولا در سطحی مساوی با روغن ماهی در صرفه جویی پروتئین[1] باشد. در نتیجه، پروتئین به مصرف رشد حیوان می‌رسد که این افزایش رشد ماهی متناسب با منبع مناسب چربی، نشان‌دهنده تأمین بهتر انرژی مورد نیاز فرآیندهای متابولیسمی است که از طریق ایجاد امکان قرارگرفتن پروتئین در مسیر اصلی خود، بهبود شاخص‌های رشد بچه ماهیان (Zhao *et al.*, 2015) را به‌دنبال خواهد داشت. ولی به رغم نتایج به‌دست آمده در

[1] Protien sparing

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

مطالعه حاضر، نتایج در خصوص تأثیر استفاده از روغن‌های گیاهی بر فاکتورهای رشد و تغذیه در ماهیان متناقض است. مهم‌ترین دلایل چنین روندی را می‌توان به عواملی مانند شرایط و طول مدت پرورش، نوع جیره غذایی، گونه و سن ماهی، مرحله رسیدگی جنسی و قابلیت ماهی در مصرف منبع روغن به عنوان منبع انرژی در نتیجه ذخیره پروتئین بیشتر و شرایط محیطی نسبت داد (Mohseni *et al.*, 2022). برای مثال، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) از قابلیت ذخیره‌سازی پروتئین و استفاده از چربی به عنوان منبع انرژی برخوردار است درحالی‌که در ماهیانی مانند کاد (*Maccullochella peelii*) این قابلیت وجود ندارد و هر گونه تغییر در ترکیب اسیدهای چرب جیره با توجه به نقش آن در ساختار سلولی بر رشد این ماهیان تأثیر می‌گذارد (Francis *et al.*, 2007). نتایج تحقیق حاضر نشان داد، استفاده از مقادیر بهینه روغن ماهی و روغن کانولا (۵۰ درصد روغن ماهی و۵۰ درصد روغن کانولا) در جیره تاسماهی سیبری موجب افزایش شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) می‌گردد. کاهش مقادیر متوسط شاخص هپاتوسوماتیک در ماهیان تغذیه‌شده با ۱۰۰ درصد روغن کانولا، احتمالاً به‌دلیل تجمع چربی در انتروسیت‌های روده‌ای به دلیل فقدان فسفولیپید لازم جهت انتقال چربی‌ها از روده به سایر قسمت‌های بدن می‌باشد (نجفی‌پورمقدم و همکاران، ۱۳۹۰). مطالعات Sener و Yildiz (۲۰۰۳) در گونه چالباش (*Acipenser gueldenstaedtii*) نشان داد، منابع مختلف روغن و پروتئین گیاهی بر شاخص کبدی مؤثر است. شاید بتوان اذعان نمود، به سبب تجمع چربی در کبد ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی انرژی بالا، چربی در کبد ماهی تجمع و باعث افزایش وزن کبد می‌شود. همچنین مطالعات Babalola و همکاران (۲۰۰۹) بر گربه ماهی انگشت‌قد (*Heterobranchus longifilis*) حاکی از آن بود که افزایش چربی در جیره غذایی باعث افزایش معنی‌دار شاخص هپاتوسوماتیک خواهد شد. به استثناء ماهیان تغذیه‌شده با ۱۰۰ درصد روغن کانولا که در آنها رطوبت لاشه به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود، مقایسه این شاخص در تیمارهای اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین در میزان پروتئین لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($P>0.05$). Nikzad Hassankiadeh و همکاران (۲۰۱۳) در جایگزینی روغن‌های گیاهی کانولا و سویا در جیره غذایی فیل‌ماهی پرورشی، جرجانی و همکاران (۱۳۹۳) در جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اختلاف معنی‌دار آماری را در درصد ترکیب تقریبی لاشه مشاهده نکردند. اما در مطالعه حاضر، چربی لاشه ماهیان از تیمارهای غذایی تاثیر پذیرفت به‌طوری‌که کمترین میزان چربی لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره روغن کانولا (CO_{100}) که به طور معنی‌داری نسبت به چربی لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره ۵۰ درصدروغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) پایین‌تر بود. رسوب چربی در بافت ماهی شامل چندین فرآیند متابولیک شامل لیپوژنز، انتقال لیپید به‌وسیله لیپوپروتئین‌ها، جذب چربی در بافت و ذخیره‌سازی آن است (Sheridan, 1988; Tocher, 2003). در ماهیان خاویاری، اطلاعات کمی در مورد چگونگی تأثیر اسیدهای چرب جیره غذایی بر این فرآیندها در دسترس است، اما در مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد که کمبود اسیدهای چرب ضروری به‌ویژه اسیدآراشیدونیک در روغن کانولا منجر به کاهش چربی و رطوبت بالاتر در بافت ماهی شده است (Priya *et al.*, 2005) و روغن کانولا به تنهایی نمی‌تواند تمام نیازهای اسید چرب تاسماهی سیبری تامین نموده و منجر به کاهش چربی خام در ماهیچه شده است. ولی باید به این نکته اذعان نمود که نتایج به‌دست آمده متناقض با نتایج حاصله از تحقیق Falahatkar و همکاران (۲۰۱۶) است که گزارش کردند، برخلاف اثرات مفید روغن کانولا، این منبع چربی در جیره غذایی فیل‌ماهی منجر به افزایش سطح چربی عضلات می‌شود که نیاز به تحقیقات بیشتر دارد.

بررسی آنزیم‌های گوارشی گامی ضروری در درک مکانیسم هضم و چگونگی سازگاری موجود با تغییرات در محیط تغذیه است (Sunde, 2004). در تحقیق حاضر، میزان لیپاز دستگاه گوارش تحت‌تأثیر جیره‌های غذایی بود. میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز، تریپسین در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های ۵۰ درصدروغن ماهی + ۵۰ درصد روغن کانولا ($CO_{50}+FO_{50}$) و ۷۰ درصد روغن ماهی +

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

۳۰ درصد روغن کانولا ($FO_{100}+CO_{30}$) به طور معنی‌داری در مقایسه با آنزیم‌های لیپاز و تریپسین سایر ماهیان بالاتر بود. مطالعات نشان داده است که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی در جیره غذایی آبزیان باعث تغییرات بافت‌شناختی در بافت ماهی می‌شود که بر روند هضم و جذب تأثیرگذار است. برای مثال، سطوح چربی یا میزان اسیدهای چرب اشباع در روغن یا چربی بر ترکیب و توانایی انتروسیت‌ها و بالطبع فعالیت آنزیم‌های گوارشی تأثیرگذار است (Caballero *et al.*, 2003; Fountoulaki *et al.*, 2009). تغذیه چار قطبی (*Salvelinus alpinus*) با روغن کتان (Olsen *et al.*, 1999, 2000) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Caballero *et al.*, 2003) با روغن‌کانولا، نخل و زیتون موجب تجمع قطرات چربی در انتروسیت‌ها، کاهش حمل و نقل، متابولیسم و هضم چربی شد که خود را به صورت افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی به‌خصوص لیپاز نشان داد (Bowyer *et al.*, 2012). به‌نظر می‌رسد، اگرچه فعالیت لیپاز در دستگاه گوارش یا حداقل در بخشی از دستگاه گوارش تاسماهیان به مقدار زیاد وجود دارد (Fange and Grove, 1979)، اما جایگزینی روغن کانولا به جای روغن ماهی موجب افزایش فعالیت آنزیم لیپاز و کیموتریپسین در تاسماهی سیبری شده است. هر چند مطالعاتی نیز نشان می‌دهد، ماهی قادر به تنظیم فعالیت آنزیم‌های گوارشی خود مطابق با جیره غذایی می‌باشد (Hartviksen *et al.*, 2014).

با توجه به نتایج، به‌نظر می‌رسد، جایگزینی بخشی از روغن ماهی با روغن کانولا (۵۰ درصد روغن ماهی با ۵۰ درصد روغن کانولا) در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری نه تنها تاثیر منفی بر فاکتورهای رشد، کارایی تغذیه و درصد بازماندگی بچه ماهی ندارد بلکه نویدبخش کاهش هزینه تولید غذا، کاهش وابستگی صنعت تولید خوراک آبزیان به تولید و واردات روغن ماهی و نیز تداوم روند رو به رشد صنعت آبزی‌پروری پایدار در کشور می‌باشد.

منابع

جرجانی، س.، قلیچی، ا. و بغدادی، آ.، ۱۳۹۳. اثرهای جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن های گیاهی بر پارامترهای رشد، کارایی غذا و پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهی قزل آلای رنگین کمان. نشریه توسعه آبزی پروری، ۸ (۳): ۳۰-۱۳.

شهنوازی،ع.، ۱۴۰۰. بررسی کارایی تولید کلزا در ایران. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی، ۳۴ (۲): ۷۶-۵۵.

عبدالحی، ح. و کرمی راد، ن.، ۱۳۹۷. توسعه پرورش ماهیان خاویاری در ایران. دو فصلنامه ترویجی ماهیان خاویاری. ۱: ۳۲-۴۴.

محسنی، م. و ملک پور، م.، ۱۳۹۷. جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کانولا و تاثیر آن بر عملکرد رشد، قابلیت هضم، برخی پارامترهای خونی و سطح هورمون های تیروئیدی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۷ (۵): ۱۸۴-۱۷۱.

محسنی، م.، کرمی نسب، م.، راست روان، م.ا. و گل‌علیپور، ی.، ۱۳۹۷. بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر میزان رشد، ترکیب شیمیایی بدن و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) مجله علمی شیلات ایران، ۲۸ (۲): ۱۷۸-۱۶۵.

نجفی پور مقدم،آ.، فلاحتکار، ب. و کلباسی، م.ر.، ۱۳۹۰. اثر لسیتین جیره بر شاخص‌های رشد و ویژگی‌های خونی بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baeri* Brandt 1869) . مجله علمی شیلات ایران، ۲۰(۳): ۱۴۳-۱۵۴.

Abdelghany, A. E. and Ahmad, M. H., 2002. Effects of feeding rates on growth and production of Nile tilapia, common carp and silver carp polycultured in fertilized ponds. *Aquaculture Research*, 33(6): 415-423. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2002.00689.x.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official methods of analysis. 14th (Eds.), Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, pp. 1-45.

Babalola, T. O.O., Adebayo, M.A., Apata, D.F. and Omotosho, J.S., 2009. Effect of dietary alternative lipid sources on haematological parameters and serum constituents of *Heterobranchus longifilis* fingerlings. *Tropical Animal Health and Production*, 41: 371-377. DOI: 10.1007/s11250-008-9199-1

Bowyer, J.N., Qin, J.G., Smullen, R.P. and Stone, D.A.J., 2012. Replacement of fish oil by poultry oil and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperatures. *Aquaculture*, 356: 211-222. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.05.014

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: 248-254. DOI: 10.1016/0003-2697(76)90527-3

Buddington, R.K. and Doroshov, S.l., 1986. Structural and functional relations of the white sturgeon alimentary canal (*Acipenser transmontanus*). *Journal of Morphology*, 190: 201-213. https://DOI. org/10.1002/jmor.1051900205

Buddington, R.K., 1985. Digestive secretions of lake sturgeon (*Acipenser fluvescens*), during early development. *Journal of Fish Biology*, 26: 715-723. DOI: 10.1111/j.1095-8649. 1985.tb04311.x

Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., Kjørsvik, E., Montero, D., Socorro, J., Fernández, A.J. and Rosenlund, G., 2003. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture*, 225: 325–340. DOI: 10.1016/S0044-8486(03)00299-0

Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., Kjorsvik, E., Fernandez, A.J. and Rosenlund, G., 2004. Histological alterations in the liver of sea bream (*Sparus aurata*) caused by short- or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *Fish Diseases*, 27: 531-541. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2004.00572.x

Chau, C. and Zambonino Infante, J., 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, 200: 161-180. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00699-8

Erlanger, B.F., Kokowsky, N. and Cohen, W., 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 95(2): 271-278. DOI: 10.1016/0003-9861(61)90145-X

Falahatkar, B., Asheri, S., Safarpour Amlashi, A. and Ershad Langroudi, H., 2016. Canola oil, as a good alternative dietary lipid source in sturgeon: Effects on growth, physiology and fatty acid profile in Beluga sturgeon *Huso huso* L. *Aquaculture Nutrition*, 24 (4): 1263-1273. https://DOI. Org /10 b.1111/anu.12664

Fange, E.R. and Grove, D., 1979. Digestion. In: Hoar W. S. Randall D. J., Brett J. R.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

(Eds). Academic Press, New York, 162-260.

Folch, J., Lees, M. and 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.

Fountoulaki, E., Alexis, M.N., Nengas, I. and Venou, B., 2005. Effect of diet composition on nutrient digestibility and digestive enzyme levels of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Research*, 36: 1243–1251. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2005.01232.x

Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Hurtado, R., Grigorakis, K., Karacostas, I. and Nengas, I., 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile: Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture*, 289: 317-326. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.01.023

Francis, D.S., Turchini, G.M. and Jones, P.L., 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 1582-1591.

Furne, M., Hidalgo, M.C., Lopez, A., Garcı´a-Gallegoa, M., Morales, A.E., Domezaina, A., Domezaine, J. and Sanz, A., 2005. Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). A comparative study. *Aquaculture*, 250: 391-398. DOI: 10.1016/ j.aquaculture.2005.05.017.

Fynn-Aikins, K., Hung, S. S. and Hughes, S.G., 1993. Effects of feeding a high level of D-glucose on liver function in juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 12(4): 317-325.

Guler, M. and Yildiz, M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 35(3): 157-167.

Hartviksen, M., Bakke, A. M., Vecino, J. G., Ringø, E. and Krogdahl, Å., 2014. Evaluation of the effect of commercially available plant and animal protein sources in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): digestive and metabolic investigations. *Fish Physiology and Biochemistry*, 40(5): 1621-1637. DOI: 10.1007/s10695-014-9953-4

Hung, S. S. and Lutes, P. B., 1987. Optimum feeding rate of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): at 20ºC. *Aquaculture*, 65(3-4), 307-317. DOI: 10.1016/0044-8486(87)90243-2.

Iijima, N., Tanaka, S. and 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: 59-69. DOI: 10.1023/A:1007725513389.

Jun-Sheng, L., Jian-Lin, L. and Ting-Ting, W., 2006. Ontogeny of protease, amylase

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

and lipase in the alimentary tract of hybrid juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 32: 295-303. DOI: 10.1007/s10695-006-9106-5.

Kiessling, K. H. and Kiessling, A., 1993. Selective utilization of fatty acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) red muscle mitochondria. *Canadian Journal of Zoology*, 71(2): 248-251. DOI: 10.1139/z93-035.

Liu, C., Wang, J., Ma, Z., Li, T., Xing, W., Jiang, N. and Luo, L., 2018. Effects of totally replacing dietary fish oil by linseed oil or soybean oil on juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser baeri Brandt*♀× A. *schrenckii Brandt*♂. *Aquaculture Nutrition*, 24(1): 184-194. DOI: 10.1111/anu.12546

Luo, L., Wei, H., Ai, L., Liang, X., Wu, X., Xing, W. and Xue, M., 2019. Effects of early long-chain n-3HUFA programming on growth, antioxidant response and lipid metabolism of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt). *Aquaculture*, 509: 96–103. DOI: 10.1016/j. aquaculture .2019.05.032

Mohseni, M., Hassani, M. H. S., Pourali, F. H., Pourkazemi, M. and Bai, S. C., 2011. The optimum dietary carbohydrate/lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(2): 775-780. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01706.x

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseni, M. R., Hassani, M. H. S. and Bai, S. C., 2013. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). *Aquaculture Research*, 27: 737-742. DOI: 10.1111 /j.1365-2109.2011. 03041.x.

Mohseni, M., Najjar Lashgari, S., Golalipour, Y., Rastravan, M.E., Banavreh, A., Sajadkhanian, A. and Pourhosein-Sarameh, S., 2022. Effects of different dietary canola and fish oil levels on overall performance, fatty acid profile, haemato-biochemical responses, and digestibility of macronutrients of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler) fingerling. *Journal of Applied Ichthyology*, 38: 212-222. DOI: 10. 1111 /jai.14284.

Moore, B. J., Hung, S. S. and Medrano, J. F., 1988. Protein requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 71(3): 235-245. DOI: 10.1016/0044 - 8486(88)90262-1

Morais, S., Torten, M., Nixon, O., Lutzky, S., Conceição, L. E., Dinis, M. T. and Koven, W., 2006. Food intake and absorption are affected by dietary lipid level and lipid source in seabream (*Sparus aurata* L.) larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 331(1): 51-63. DOI: 10. 1016/j.jembe.2005.10.004

Mourente, G., Dick, J.R., Bell, J.G. and Tocher, D.R., 2005. Effect of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oils on desaturation and b-oxidation of [1-14C]18:3n-3 (LNA) and [1-14C]20:5n-3 (EPA) in hepatocytes and enterocytes of European sea bass (*Dicentratchus labrax* L.). *Aquaculture*, 248: 173–186. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.06.070

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

Nikzad Hassankiadeh, M., Khara, H., Yazdani Sadati, M. A. and Parandavar, H., 2013. Effects of dietary fish oil substitution with mixed vegetable oils on growth and fillet fatty acid composition of juvenile Caspian great sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture International*, 21: 143–155. https:// DOI.org/10.1007/s 10499-012-9541-5

Olsen, R.E., Myklebust, R., Kaino, T. and Ringo, E., 1999. Lipid digestibility and ultrastructural changes in the enterocytes of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) fed linseed oil and soybean lecithin. *Fish Physiology and Biochemistry*, 21: 35–44.

Olsen, R.E., Myklebust, R., Ringo, E. and Mayhew, T.M., 2000. The influences of dietary linseed oil and saturated fatty acids on caecal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.): a quantitative ultrastructural study. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2: 207–216.

Patterson, J.T. and Green, C.C., 2015. Physiological management of di- etary deficiency in n-3 fatty acids by spawning Gulf killifish (*Fundulus grandis*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 41: 971–979. https://DOI. org/10.1007/s10695-015-0062-9.

Pourhosein-Sarameh, S., Bahri, A. H., Falahatkar, B., Yarmohammadi, M. and Salarzadeh, A., 2019. The effect of fish and rapeseed oils on growth performance, egg fatty acid composition and offspring quality of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). Aquaculture Nutrition, 25(3), 543‑554. https://doi.org/10.1111/anu.12856

Priya, K., Pal, A. K., Sahu, N. P. and Mukherjee, S. C., 2005. Effect of dietary lipid sources on growth, enzyme activities and immuno-hematological parameters in *Catla catla* fingerlings. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18: 1609–1616. DOI: 10.5713/ajas.2005.1609

Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Halver, J.E. and Hardy, R.W. (eds.) Fish nutrition, 3rd edn. Elsevier, USA. pp. 181–257.

Sener, E. and Yildiz, M., 2003. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) juveniles. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 3: 111-116.

Sheridan, M.A., 1988. Lipid dynamics in fish: Aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 90: 679–690. DOI: 10.1016/0305-0491(88)90322-7

Sunde, J., Eiane, S.A., Rustad, A., Jensen, H.B., Opstvedt, J., Nygård, E. and Rungruangsak-Torrissen, K., 2004. Effect of fish feed processing conditions on digestive protease activities, free amino acid pools, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Nutrition*, 10(4): 261-277. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2004.00300.x

Tacon, G.J. and Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil industrially compounded aqua feeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158. https:// DOI.org/ 10.1016/ j.aquaculture.2008.08.015

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

Tocher, DR., Fonseca-Madrigal, J., Bell, J.G., Dick, J.R., Henderson, R.J. and Sargent, J.R., 2002. Effects of diets containing linseed oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 26: 157–170.

Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Fisheries Science*, 11: 107–184. DOI: 10.1080/713610925

Turchini, G.M. and Francis, D.S., 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and boxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition*, 102: 69–81. DOI:10.1017/S0007114508137874

Wang, Y., Kong, L.J., Li, C. and Bureau, D.P., 2006. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 261: 1307–1313. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.045

Worthington, C.C., 1991. Worthigton Enzyme Manual Related Biochemical. 3rd edn. Freehold, New Jersey. pp 250-253.

Xu, R., Hung, S.S.O. and German, J.B., 1993. White sturgeon tissue fatty acid compositions are affected by dietary lipids. *Journal of Nutrition*, 123, 1685–1692. DOI: 10.1093/jn/123.10.1685

Yıldız, M., Eroldoğan, T., Ofori-Mensah, S., Engin, K. and Balta, A., 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition. *Aquaculture*, 488: 123-133. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.12.030

Yu, H., Xing, W., Li, T., Xu, G., Ma, Z., Jiang, N. and Luo, L., 2020. Effects of alternative dietary lipid sources on growth performance, health status and fillet fatty acid composition of hybrid sturgeon (*Acipenser baeri Brandt*♀× *Acipenser schrenckii Brandt*♂). *Aquaculture Nutrition*, 26(5): 1419-1430. DOI: 10.1111/anu.13086

Z**hao, J., Wen, X., Li, S., Zhu, D. and Li, Y., 2015.** Effects of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and antioxidants of juvenile mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador). *Aquaculture*, 435: 200-206. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.018

Zheng, X., Tocher, D.R., Dickson, C.A., Bell, J.G. and Teale, A. J., 2004. Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 236: 467-483. DOI: 10.1016/j .aquaculture.2004.02.003.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]

Replacement of fish oil with canola vegetable oil based diets on growth and survival of the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fry

Mohseni M.[1*]; Sayed Hassani M.H.[1]; Sharifian M.[2]; Hassanpour S.[3]

[*]mahmoudmohseni73@gmail.com

1-International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3-Golden caviar breeding farm, Adjacent to Sangar Dam, Rasht, Iran.

Abstract

The effect replacement of various kilka fish oil with canola oil was investigated on growth indices, body composition, and digestive enzymes of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). One hundred and eighty fry fish (22.5±2 2.09 g average weight) were fed with four isonitroginus and isolipid diets (44 and 14%) (1: 100% fish oil (FO_{100}), 2: 100 % of canola oil (CO_{100}), 3: 50% fish oil+50% canola oil (CO50+FO50) and 4: 70% fish oil+30% canola oil (FO_{100}+CO_{30})) for 10 weeks. The mean growth and feed efficiency indices in the fish fed with FO100 and CO100 diets were significantly lower than CO_{50}+FO_{50} and FO_{100}+CO_{30} ($P<0.05$). The changes in the canola oil/fish oil ratio caused changes in the body moisture and ash contents ($P<0.05$), but had no significant effect on the body protein ($P>0.05$). The lipase and chymotrypsin levels in the fish fed with CO_{50}+FO_{50} diet were significantly higher than the fish fed with FO_{100} and CO_{100} diet. The results of this study indicated that using a combination of vegetable oil and fish oil in equal proportions has a relatively better effect on the growth indices, body composition, and digestive enzymes of Siberian sturgeon in the growth stage.

Keywords: Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*), Canola oil, Fish oil, Growth performance and survival

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.3.4.0]