مقاله علمی–پژوهشی

تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر عملکرد رشد، ترکیب بدن، قابلیت هضم پذیری و آنزیم‌های کبدی و گوارشی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

محمود محسنی*[۱]، رضا طاعتی[۲]، شهرام دادگر[۳]، علی علیپور[۱]

*mahmoudmohseni73@gmail.com

۱- موسسه تحقیقات بین المللی تاس‌ماهیان دریای خزر. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۲- گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران.

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

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

چکیده

مطالعه حاضر به منظور تعیین اثر سطوح مختلف گلوکز و نشاسته ذرت به عنوان منابع کربوهیدرات بر روند رشد، ترکیب بدن، قابلیت هضم، آنزیم‌های کبدی و گوارشی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) انجام شد. تعداد ۱۲۰ قطعه تاس‌ماهی سیبری با میانگین وزنی ۲/۸۰±۲۵/۶۴ گرم به مدت ۱۱ هفته با چهار جیره حاوی گلوکز ۱۵درصد، گلوکز ۳۰درصد، نشاسته ذرت ۱۵درصد و نشاسته ذرت ۳۰ درصد تغذیه شدند. نتایج نشان داد که وزن نهایی، طول کل نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب کارایی پروتئین و ضریب چاقی در تیمار نشاسته ذرت ۱۵درصد بالاتر از سایر تیمارها بود ($p>0/05$). اختلاف معنی‌داری بین تیمار نشاسته ذرت ۳۰ درصد با تیمار گلوکز ۱۵ درصد در شاخص کبدی مشاهده شد ($p<0/05$). بیشترین میزان پروتئین لاشه در تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای گلوکز ۱۵ و ۳۰ درصد نشان داد ($p<0/05$). تیمار گلوکز ۱۵ درصد حاوی بیشترین میزان ($p<0/05$) کربوهیدرات کل لاشه بود که با تیمارهای نشاسته ذرت ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاف معنی‌داری داشت. مقادیر آنزیم‌های لیپاز، پپسین، تریپسین و کیموتریپسین و نیز قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵درصد نسبت به سایر تیمارها بالاتر بودند ($p<0/05$). بالاترین میزان آنزیم‌های کبدی در ماهیان تغذیه شده با گلوکز ۳۰درصد ثبت گردید ($p>0/05$). براساس نتایج مذکور می‌توان اظهار کرد که سطح ۱۵ درصد نشاسته ذرت می‌تواند سبب افزایش رشد، بهبود ترکیب لاشه، قابلیت هضم و آنزیم‌های گوارشی در تاس‌ماهی سیبری گردد.

لغات کلیدی: کربوهیدرات، رشد، قابلیت هضم، آنزیم‌های گوارشی، تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

مقدمه

با توجه به نقش تغذیه در آبزی‌پروری که شامل بخش هنگفتی از هزینه‌های کل پرورش می‌شود (۵۰-۴۰ درصد)، باید اذعان داشت که پرورش موفق ماهیان نیاز به استفاده از خوراک کامل و کارآمد با ترکیب بهینه دارد (Mohseni *et al.*, 2011) که باید تمام ترکیبات تغذیه‌ای ضروری، مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی که در افزایش رشد، تقویت سیستم ایمنی و کاهش هزینه تولید نقش دارند، تأمین نماید. در دهه‌های اخیر، استفاده از عمل جایگزینی مواد انرژی‌زای غیرپروتئینی[1] مانند کربوهیدرات‌ها و چربی‌ها که ارزان‌ترند، مورد توجه قرار گرفته است. با استفاده از این مواد بازده غذایی بالا رفته، رشد سریع‌تر می‌شود و هزینه‌های پرورش ماهی کاهش می‌یابد (Kim and Lee, 2005). ضروری است تا سطح بهینه کربوهیدرات در جیره غذایی ماهیان تعیین شود تا کاتابولیسم پروتئین به منظور تأمین انرژی کاهش یابد و برای سوخت و ساز به‌طور حدواسط از سایر ترکیبات زیستی استفاده شود (Webster and Lim, 2002). اگر در جیره، پروتئین در سطح مطلوب ماهی وجود داشته باشد، ولی دارای انرژی کافی (کربوهیدرات و چربی) نباشد، اسیدهای آمینه حاصل از هضم پروتئین و نیز تجزیه پروتئین ماهیچه وارد مسیر گلوکوژنیک و تأمین انرژی برای ماهی می‌شوند (Wilson, 1994). در نتیجه، کارایی رشد و تغذیه کاهش می‌یابد. هضم و متابولیسم کربوهیدرات در ماهیان گوشت‌خوار از جمله آزادماهیان و تاس‌ماهیان به دلیل فعالیت کم آنزیم‌های هضم‌کننده کربوهیدرات (آمیلاز)، کمبود گیرنده‌های انسولین و پایین‌ماندن انسولین خون نسبت به ماهیان همه چیزخوار مانند کپورماهیان پایین و محدود است (Hung *et al.*, 1989). استفاده از منابع مختلف کربوهیدرات به گونه ماهی، منبع کربوهیدرات، سطح مورد استفاده، منشاء گیاهی آن، شرایط فراوری، ساختار فیزیکی و پیچیدگی مولکول‌های کربوهیدرات و دمای آب بستگی دارد (Krogdahl *et al.*, 2005). اثرات منابع مختلف کربوهیدرات شامل نشاسته ذرت خام و ژلاتینه در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) (Kaushik *et al.*, 1989)، گلوکز و نشاسته ذرت در تاس‌ماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) (Hung *et al.*, 1990; Fynn-Aikins *et al.*, 1992, 1993)، گلوکز، مالتوز، دکسترین و سلولز در کفشک زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) (Lee *et al.*, 2003)، دکسترین و نشاسته در تاس‌ماهی‌آمور (*Acipenser schrenckii*) (Jiang *et al.*, 2014)، نشاسته گندم در آزادماهی اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (Villasante *et al.*, 2019) و نشاسته ذرت در فیل‌ماهی (*Huso huso*) (محسنی و همکاران، ۱۳۹۸) بر رشد، ترکیب لاشه، فاکتورهای خونی و بیوشیمیایی و عملکرد کبد مورد بررسی قرار گرفت.

تاس‌ماهی سیبری از گونه‌های با ارزش تجاری است. سریع‌الرشد بودن، کوتاه بودن دوره رسیدگی بلوغ جنسی و تنوع در رژیم غذایی باعث گردیده است که این گونه به عنوان یکی از گونه‌های اصلی در پرورش ماهیان خاویاری آب شیرین معرفی گردد. به رغم تعیین احتیاجات غذایی فیل‌ماهی (محسنی و همکاران، ۱۳۹۵و ۱۳۹۶)، اطلاعاتی در مورد سطوح و منابع مختلف کربوهیدرات در تاس‌ماهی سیبری یافت نشد. بنابراین، مطالعه حاضر به منظور تعیین تأثیر سطوح مختلف گلوکز و نشاسته ذرت بر روند رشد، ترکیب بدن، قابلیت هضم‌پذیری، آنزیم‌های کبدی و گوارشی تاس‌ماهی سیبری طراحی و انجام گردید.

مواد و روش کار

تعداد ۱۲۰ قطعه بچه تاس‌ماهی سیبری پرورشی با میانگین وزنی ۲/۸۰ ± ۲۵/۶ گرم تهیه و در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری مجهز به هواده و تخلیه آب مرکزی با تراکم ۱۰ قطعه در هر مخزن معرفی شدند. آب مورد استفاده از رودخانه سفیدرود تأمین شد. تعویض آب مخازن به‌صورت روزانه یک‌بار به میزان ۹۰ درصد انجام می‌گرفت. پس از دو هفته سازگاری و زیست‌سنجی، ماهیان در قالب ۴ تیمار هر یک با ۳ تکرار با جیره‌های حاوی گلوکز ۱۵ درصد، گلوکز ۳۰ درصد، نشاسته ذرت ۱۵ درصد و نشاسته ذرت ۳۰ درصد با مقادیر یکسان

[1] Protein sparing

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

پروتئین، چربی و انرژی تغذیه شدند (Lin *et al.*,1997; Hung *et al.*, 2003; Deng *et al.*, 2005). جیره‌های غذایی براساس فرمول موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر طراحی و تهیه شدند (جدول ۱). بچه تاس‌ماهیان سیبری به مدت ۱۱هفته و براساس حداکثر ۲درصد وزن توده زنده در ۳ نوبت (۸ صبح، ۱۴ عصر و ۲۰ شب) تغذیه شدند (Mohseni *et al.*, 2011, 2013). دوره نوری به صورت ۱۴ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم گردید. میانگین دما، اکسیژن و pH در طول دوره پرورش به ترتیب 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 (Luo *et al.*, 2010).

جدول۱: ترکیبات غذایی جیره‌های آزمایشی برای تغذیه تاس‌ماهی سیبری در مدت ۱۱ هفته

Table 1: Ingredients of experimental diets for feeding of *A.baerii* during 11 weeks

ترکیبات جیره (درصد)	گلوکز ۱۵درصد	گلوکز ۳۰درصد	نشاسته ذرت ۱۵درصد	نشاسته ذرت ۳۰درصد
پودر ماهی	۴۴	۴۴	۴۴	۴۴
پودر گوشت	۵	۵	۵	۵
پودر خون	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۵
آرد گندم	۱۰/۹	۰/۹	۱۰/۹	۰/۹
نشاسته ذرت	-	-	۱۵	۳۰
گلوکز*	۱۵	۳۰	-	-
روغن ماهی	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۴/۸
روغن ذرت	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۴/۸
ملاس	۲	۲	۲	۲
مخمر	۲	۲	۲	۲
سلولز	۵	-	۵	-
مکمل ویتامینی**	۲	۲	۲	۲
مکمل معدنی***	۱	۱	۱	۱
ترکیب شیمیایی (درصد) (میانگین سه تکرار)				
پروتئین	۴۴/۹	۴۵/۱	۴۵/۲	۴۵/۵
چربی	۱۴/۶	۱۵/۱	۱۵/۲	۱۴/۶
عصاره عاری از ازت	۱۷/۶	۲۱/۹	۱۸/۲	۲۲/۶
رطوبت	۹/۶	۹/۸	۹/۶	۹/۵
فیبر	۳/۱	۳/۳	۳/۲	۳/۴
انرژی (مگاژول/کیلوگرم)	۱۹/۹	۲۰/۱	۱۹/۸	۲۰/۳

*شرکت گلوکوزان، قزوین، ایران.

** شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران.

مقدار ویتامین‌ها بر اساس گرم در ۱۰۰ گرم مکمل ویتامینی شامل ویتامین E : ۴، K_3: ۰/۲، B_1: ۰/۶، B_2: ۰/۸، B_3: ۱/۲، B_5: ۴، B_6: ۰/۴، B_9: ۰/۲، B_{12}: ۰/۸، H_2: ۰/۰۲، C: ۶، اینوزیتول: ۲ و بوتیل هیدروکسی تولوئن: ۲. به علاوه ویتامین A: ۱۶۰۰۰۰ IU و ویتامین D_3: ۴۰۰۰۰ IU.

***شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران.

مقدار مواد معدنی بر اساس گرم در ۱۰۰ گرم مکمل معدنی شامل آهن: ۲/۶، روی: ۱/۲۵، سلنیوم: ۰/۲، کبالت: ۰/۰۴۸، مس: ۰/۴۲، منگنز: ۱/۵۸، ید: ۰/۱ و کولین کلراید: ۱/۲.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

آنالیز غذا و لاشه ماهی

در پایان دوره آزمایش، از هر تکرار تعداد ۲ قطعه و از هر تیمار ۶ قطعه (در مجموع ۲۴ نمونه) به طور تصادفی انتخاب و پس از خارج نمودن امعاء و احشاء به کمک چرخ گوشت سه بار چرخ شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. مقدار رطوبت نمونه، از قرار دادن ۱ گرم از نمونه در دستگاه آون (Memert- BM55 آلمان) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. ماده خشک جیره غذایی و لاشه تهیه و سپس خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (مدل Ecotec-sic 07) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت، پروتئین خام به روش کجلدال (مدل Behr آلمان) با ضریب ثابت (۶/۲۵) تعیین شدند. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسوله (مدل Behr آلمان) صورت گرفت. برای تعیین مقدار انرژی غذا از دستگاه بمب کالریمتر (Parr,USA) استفاده گردید. عصاره عاری از ازت نیز با کسر اعداد حاصل از پروتئین، چربی، خاکستر، فیبر و رطوبت از عدد ۱۰۰ بدست آمد (AOAC, 2005).

نمونه‌برداری خون

در پایان آزمایش، از هر تیمار ۹ قطعه ماهی (۳ ماهی از هر تکرار، مجموعاً ۳۶ نمونه) به صورت تصادفی و پس از قطع غذادهی برای نمونه‌برداری خون انتخاب شدند. خونگیری با استفاده از سرنگ ۲ میلی‌لیتری از ساقه دمی انجام شد. خون موجود در اپندورف فاقد هپارین به مدت ۱۰دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و سرم جدا شد. آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به روش رنگ‌سنجی‌کینتیک، آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) به روش آنزیماتیک کینتیک و آنزیم آلفا-آمیلاز به روش رنگ‌سنجی کینتیک سنجش شدند (Shahsavani *et al.*, 2010).

سنجش آنزیم‌های گوارشی

نمونه‌برداری از ماهیان در انتهای دوره بعد از ۲۴ساعت قطع غذادهی انجام گرفت. از هر تیمار ۹ قطعه ماهی جدا و با آب مقطر شستشو داده شدند. دستگاه گوارش با ابزار جراحی جدا و با سرم فیزیولوژی شستشو و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. پروتئین محلول نمونه‌های هموژن شده دستگاه گوارش با روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. 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 (۱۹۶۱) و آنزیم لیپاز با استفاده از هیدرولیز P-nitrophenyl myristate به عنوان سوبسترا به روش Iijiama و همکاران (۱۹۹۸) استفاده گردید.

تعیین قابلیت هضم

برای تعیین میزان هضم‌پذیری جیره‌ها از روش توصیه شده Gul و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد. تغذیه ماهیان با جیره حاوی ۱درصد اکسیدکروم (Cr_2O_5) Chromium (Oxide 99% , Merck, Germany) به میزان ۲درصد وزن بدن به مدت ۲۱روز دیگر ادامه یافت. پس از پایان زمان غذادهی در هر روز، غذای مصرف نشده یا از دسترس ماهی خارج شده از کف مخازن با استفاده از شیلنگ آکواریوم جمع‌آوری شده تا با مدفوع ماهی تداخل پیدا نکنند. ۱۵ساعت پس از غذادهی، جمع‌آوری مدفوع از هر مخزن انجام و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. میزان اکسیدکروم در جیره و مدفوع پس از تهیه ۱۵میلی‌لیتر محلول هضم (سدیم مولیبدات، اسیدپرکلریک و اسیدسولفوریک) و هضم یک گرم نمونه آن در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. قابلیت هضم ظاهری (ADC) مواد مغذی (پروتئین و چربی) و انرژی در جیره‌ها از معادله $ADC = [1-(F/D \times Dcr / Fcr)]$ بدست آمد. در این معادله F درصد مواد مغذی در مدفوع، D درصد مواد مغذی در جیره و Dcr درصد اکسیدکروم در جیره و Fcr درصد اکسیدکروم در مدفوع می‌باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و آزمون همگنی گروه‌ها با آزمون Levene انجام پذیرفت. با توجه به همگن بودن داده‌ها، برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه ای از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای داده‌های غیرهمگن از آزمون غیرپارامتریک کروسکال- والیس استفاده گردید که معنی‌دار بودن گروه‌ها با آزمون من- ویتنی در سطح احتمال ۵درصد مشخص گردید. نرم‌افزار SPSS نسخه۲۰ برای تحلیل داده‌ها به کار برده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه

جدول۲، نتایج شاخص‌های رشد را در تاس‌ماهی سیبری پرورشی در پایان هفته یازدهم نشان می‌دهد. وزن نهایی، طول‌کل نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، نسبت بازده پروتئین و ضریب چاقی در تیمار نشاسته ذرت ۱۵درصد بالاتر از سایر تیمارها بود ($p>0/05$). تیمار نشاسته ذرت ۱۵درصد دارای پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی بود. درصد زنده‌مانی در تیمارهای تغذیه‌ای اختلاف معنی داری نشان نداد.

جدول۲ : شاخص‌های رشد تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با منابع مختلف کربوهیدرات در مدت ۱۱ هفته

Table 2: Growth indices of *A.baerii* fed different sources of carbohydrate during 11 weeks

شاخص‌های رشد	گلوکز ۱۵درصد	گلوکز ۳۰درصد	نشاسته ذرت ۱۵درصد	نشاسته ذرت ۳۰درصد
وزن اولیه (گرم)	۲۴/۱۶ ± ۳/۲۳	۲۶/۷۱ ± ۲/۸۹	۲۵/۴۴ ± ۲/۶۹	۲۶/۲۶ ± ۳/۰۹
وزن نهایی (گرم)	۷۷/۶۸ ±۲۸/۶۵	۸۰/۷۸ ±۲۹/۲۹	۸۸/۲۸ ±۳۰/۲۵	۷۰/۷۰ ± ۲۴/۷۵
طول کل نهایی (سانتی متر)	۲۹/۷۶ ±۳/۴۱	۳۰/۳۵ ±۳/۸۰	۳۰/۷۲ ±۳/۳۲	۲۸/۶۸ ±۳/۰۴
درصد افزایش وزن بدن	۱۳۹/۵۷ ±۲۲/۶۷	۱۵۴/۲۷ ±۲۴/۸۶	۱۸۱/۵۷ ±۱۵/۷۳	۱۲۴/۹۳ ±۲۵/۳۷
شاخص رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۴۴ ±۰/۱۵	۱/۵۴ ±۰/۱۶	۱/۷۲ ±۰/۰۸	۱/۳۴ ±۰/۱۸
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۲ ±۰/۱۷	۱/۰۹ ±۰/۱۵	۱ ±۰/۱۱	۱/۲۷ ±۰/۱۷
میانگین رشد روزانه (گرم در روز)	۲/۳۲ ±۰/۳۷	۲/۵۶ ±۰/۴۱	۳/۰۲ ±۰/۲۶	۲/۰۷ ±۰/۴۲
نسبت بازده پروتئین	۱/۸۷ ±۰/۲۳	۲/۰۴ ±۰/۳۰	۲/۳۷ ±۰/۱۵	۱/۷۶ ±۰/۲۳
ضریب چاقی	۰/۲۹ ±۰/۰۱	۰/۲۸ ±۰/۰۳	۰/۳۰ ±۰/۰۰۰	۰/۲۹ ±۰/۰۰۵
شاخص کبدی (درصد)	۳/۶۱ ±۰/۵۳ [a]	۳/۴۳ ±۰/۴۴[ab]	۲/۸۹ ±۰/۵۵[ab]	۲/۷۷ ±۴۹۰ [b]
درصد زنده مانی	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۳۳ ±۵/۷۷	۱۰۰

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌داری دارند ($p<0/05$).

ترکیب لاشه

بیشترین میزان پروتئین لاشه (جدول ۳) در تیمار نشاسته ذرت ۱۵درصد مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای گلوکز ۱۵ و ۳۰ درصد نشان داد ($p<0/05$). تیمار گلوکز ۱۵درصد دارای بیشترین کربوهیدرات کل لاشه بود که با تیمارهای نشاسته ذرت ۱۵و ۳۰ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<0/05$). بین تیمار گلوکز ۳۰ درصد با نشاسته ذرت ۱۵ درصد در کربوهیدرات کل لاشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$).

فعالیت آنزیم‌های گوارشی و کبدی

مقادیر آنزیم لیپاز، پپسین، تریپسین و کیموتریپسین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵ درصد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). ماهیان تغذیه شده با گلوکز ۳۰درصد بالاترین میزان آنزیم‌های کبدی AST، ALT و ALP را نشان دادند (جدول۴).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

جدول۳ : تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر ترکیب بدن تاس‌ماهی سیبری در مدت ۱۱ هفته. (۶ عدد ماهی به ازای هر تیمار)
Table 3: Effect of different sources of carbohydrate on body composition of *A.baerii* during 11 weeks. (n=6 per treatment)

ترکیبات (درصد وزن تر)	گلوکز ۱۵درصد	گلوکز ۳۰درصد	نشاسته ذرت ۱۵درصد	نشاسته ذرت ۳۰درصد
پروتئین	۱۲/۳۶ ±۰/۵۸^{c}	۱۳/۱۷ ± ۰/۴۹^{b}	۱۴/۳۲ ±۰/۲۱^{a}	۱۳/۸۰ ± ۰/۴۶^{ab}
چربی	۵/۹۸ ±۱/۲۰	۵/۱۹ ±۱/۵۳	۴/۵۹ ±۰/۸۶	۴/۵۲ ±۱/۰۹
خاکستر	۱/۰۷ ±۰/۰۶	۱/۰۱ ± ۰/۰۹	۰/۹۹ ±۰/۰۷	۰/۹۸ ± ۰/۰۴
کربوهیدرات کل	۳/۲۸ ±۰/۹۵^{a}	۲/۵۶ ± ۰/۳۳^{ab}	۱/۶۱ ±۰/۲۹^{c}	۱/۸۰ ± ۰/۲۰^{bc}
رطوبت	۷۷/۲۹ ±۱/۲۵	۷۸/۴۳ ±۱	۷۸/۴۶ ±۰/۹۷	۷۸/۸۷ ± ۱/۳۲

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌داری دارند ($p<۰/۰۵$).

جدول۴: تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر آنزیم‌های گوارشی و کبدی تاس‌ماهی سیبری در مدت ۱۱ هفته. (۹ عدد ماهی به ازای هر تیمار)
Table 4: Effect of different sources of carbohydrate on digestive and liver enzymes of *A.baerii* during 11 weeks. (n=9 per treatment)

آنزیم‌های گوارشی	گلوکز ۱۵درصد	گلوکز ۳۰درصد	نشاسته ذرت ۱۵درصد	نشاسته ذرت ۳۰درصد
آلفا-آمیلاز (U/L)	۱۰۸/۱±۳/۱۸	۹۸/۱±۶/۵	۱۰۴/۵±۵/۴۳	۱۰۶/۳±۱۰/۳
لیپاز (u/mg protein)	۰/۶۶±۰/۰۶^{b}	۰/۶۴±۰/۰۶^{b}	۰/۷۵±۰/۰۴^{a}	۰/۶۵±۰/۰۳^{b}
پپسین(u/mg protein)	۰/۶۱±۰/۰۳^{a}	۰/۵۲±۰/۰۲^{b}	۰/۶۴±۰/۰۲^{a}	۰/۴۹±۰/۰۳^{b}
تریپسین(u/mg protein)	۱/۵۸±۰/۰۲^{a}	۰/۶۴±۰/۰۲^{b}	۱/۶۱±۰/۰۲^{a}	۰/۶۱±۰/۰۱^{b}
کیموتریپسین(u/mg protein)	۰/۲۵±۰/۰۲^{b}	۰/۲۴±۰/۰۱^{b}	۰/۳۳±۰/۰۱^{a}	۰/۲۱±۰/۰۱^{b}
آنزیم AST (U/L)	۱۴۷/۱۶±۲۸/۵۰	۲۱۱/۵۰± ۷۷/۹۴	۱۹۰/۱۶± ۴۶/۵۱	۱۵۰/۳۳± ۶۲/۳۵
آنزیم ALT (U/L)	۶/۸۳±۶/۳۰	۱۲/۳۳± ۴/۸۸	۱۱/۱۶± ۴/۱۶	۵/۶۶±۴/۱۷
آنزیم ALP (U/L)	۴۰۳/۵۰± ۷۸/۲۰	۴۴۲/۸۳± ۵۴/۱۹	۳۵۷/۱۶± ۱۰۳/۷۰	۳۵۰/۳۳±۲۱/۶۲

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌داری دارند ($p<۰/۰۵$).

قابلیت هضم ظاهری

کمترین میزان ماده خشک در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۳۰ درصد و با تفاوتی معنی‌دار نسبت به گلوگز ۱۵ درصد مشاهده شد (جدول۵). قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵درصد به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود ($p<۰/۰۵$).

جدول۵: تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر قابلیت هضم ظاهری تاس‌ماهی سیبری در پایان هفته یازدهم (۲۷ نمونه به ازای هر تیمار)
Table 5: Effect of different sources of carbohydrate on apparent digestibility of *A. baerii* at the end of 11th week (n=27 per treatment)

شاخص (درصد)		گلوکز ۱۵درصد	گلوکز ۳۰درصد	نشاسته ذرت ۱۵درصد	نشاسته ذرت ۳۰درصد
ماده خشک		۸۴/۷ ±۱/۸^{a}	۸۳/۲ ± ۱/۹^{ab}	۸۳/۶ ±۱/۶^{ab}	۸۱/۸ ± ۱/۴^{b}
چربی		۹۰/۱ ±۲/۴^{b}	۹۰/۹ ± ۲/۵^{b}	۹۳/۵ ±۲/۸^{a}	۸۹/۹ ± ۳/۲^{b}
پروتئین		۸۱/۳ ±۱/۱^{b}	۸۳/۶ ± ۱/۲^{ab}	۸۵/۹ ±۱/۹^{a}	۸۱/۲ ± ۱/۶^{b}

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌داری دارند ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

بحث

در تحقیق حاضر، وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب کارایی پروتئین، ضریب چاقی و میزان پروتئین لاشه در تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد بالاتر از سایر تیمارها بود که نشانگر مفید بودن و بالاتر بودن قابلیت هضم و جذب این سطح از نشاسته ذرت در مقایسه با سایر سطوح کربوهیدرات است. افزایش کربوهیدرات در جیره تاس‌ماهی سیبری منجر به افزایش ذخیره پروتئین در بدن شد و این نشان می‌دهد که کربوهیدرات‌ها در تأمین انرژی برای فعالیت‌های متابولیسمی اهمیت ویژه‌ای دارند و در صورت متعادل بودن کربوهیدرات‌ها در جیره، پروتئین جیره به منظور تأمین اسیدهای آمینه ضروری برای سنتز بافت‌های جدید مصرف می‌شود (Mohseni *et al*., 2011). در تضاد با مطالعه حاضر، استفاده از سطوح ۳۰ درصد نشاسته ذرت و گلوکز در تاس‌ماهی سفید نشان داد که عملکرد رشد و میزان پروتئین لاشه در تیمار نشاسته ذرت ۳۰ درصد به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار گلوکز ۳۰ درصد بود (Lin *et al*., 1997). به عقیده Deng و همکاران (۲۰۰۱)، کارایی پایین کربوهیدرات‌های ساده نظیر گلوکز در روده به دلیل جذب سریع آنها در خون است در حالی‌که کارایی بالاتر کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر نظیر نشاسته به علت عملکرد آنزیم‌های تجزیه‌کننده کربوهیدرات‌هاست.

در مطالعه حاضر، تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده از سطوح مختلف گلوکز رشد ضعیفی نشان داده و توانایی این ماهیان در هضم گلوکز پایین بود. در این ماهیان حالتی شبیه اسهال مشاهده گردید. این امر احتمالاً می‌تواند به دلیل جذب پایین در دستگاه گوارش باشد که با نتایج مطالعات Hung و همکاران (۱۹۸۹) و (۱۹۹۰) در تاس-ماهی سفید همخوانی دارد. همسو با تحقیق حاضر، Fynn-Aikins و همکاران (۱۹۹۲) و (۱۹۹۳) بچه تاس‌ماهیان سفید را با ۶ سطح D-گلوکز (۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و صفر درصد) مورد تغذیه قرار دادند. تمام ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی گلوکز درصد افزایش وزن، انرژی ابقا شده و چربی بیشتری نسبت به ماهیانی داشتند که از جیره شاهد تغذیه کرده بودند. افزایش شاخص کبدی در تیمارهای گلوکز ۱۵ و ۳۰ درصد تحقیق حاضر احتمالاً نشان از عدم کارایی مناسب کبد بود زیرا بالا بودن این شاخص می‌تواند نشان دهنده ازدیاد گلیکوژن در کبد باشد (Fynn-Aikins *et al*., 1992; Lee *et al*., 2003). ولی پایین بودن این پارامتر در تیمارهای نشاسته ذرت ۱۵ و ۳۰ درصد نشانگر سوخت و ساز قوی کربوهیدرات در کبد و صرفه‌جویی در مصرف پروتئین به عنوان منبع انرژی شده است.

بیشترین پروتئین لاشه در تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای گلوکز ۱۵ و ۳۰ درصد نشان داد. این مساله نشان‌دهنده کارایی مناسب تغذیه، بالا بودن ضریب کارایی پروتئین و جذب اسیدهای آمینه و جلوگیری از شکسته شدن پروتئین به منظور تولید انرژی است (Genc *et al*., 2007). در بررسی حاضر، تیمارهای نشاسته ذرت ۱۵ و ۳۰ درصد دارای پایین‌ترین سطح چربی لاشه بودند که با توجه به بالا بودن سطوح پروتئین در لاشه در تیمارهای مذکور نشانگر کارایی غذا و تبدیل غذا به گوشت می‌باشد. همسو با این تحقیق، Lee و Lee (۲۰۰۴) با بررسی تأثیر سطوح ۲۰ درصد گلوکز، ۲۰ درصد دکسترین و ۲۵-۵ درصد نشاسته سیب زمینی در کفشک ستاره‌ای گزارش کردند که نسبت افزایش وزن بدن، بازده غذایی و بازده پروتئین در جیره ۲۰ درصد گلوکز در مقایسه با سایرین کمتر بود. در تأیید مطالعه حاضر، تأثیر سطوح ۱۵ و ۳۰ درصد گلوکز و نشاسته سیب‌زمینی هیدرولیز شده در تاس‌ماهی سفید نشان داد که نشاسته سیب‌زمینی هیدرولیز شده ۱۵درصد، کارایی تغذیه بالاتری داشت (Deng *et al*., 2005). Tian و همکاران (۲۰۱۲) سطوح ۲۰، ۲۶، ۳۳، ۴۰ و ۴۷ درصد نشاسته گندم و جایگزینی با سطوح ۲۰، ۲۶، ۳۳، ۴۰ و ۴۷ درصد سلولز را در ماهی آمور آزمایش نمودند. درصد افزایش وزن بدن، ضریب بازده پروتئین و قابلیت هضم در سطوح ۲۰، ۲۶ و ۳۳ درصد نشاسته بیشتر از سایر تیمارها بود.

افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی در سرم خون به عنوان شاخصی از تخریب کبد محسوب می‌شود (Shi *et al*.,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

2006). در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵ درصد، میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی کاهش یافت. کاهش فعالیت آنزیم‌های ALT و AST در ماهیان می‌تواند نشان دهنده غیرفعال شدن ترانس آمیناسیون و کاهش کاتابولیسم اسیدآمینه باشد (Bibiano Melo *et al.*, 2006). فعالیت ترانس آمینازها (ALT و AST) در برآورد وضعیت تغذیه‌ای برخی از ماهیان مفید می‌باشد. سازگاری بالای متابولیسم حیوانات گوشت‌خوار با پروتئین جیره و توانایی کم آنها در استفاده از کربوهیدرات گزارش شده است (Lundstedt *et al.*, 2004). همچنین مطالعات Rehulkaو Minaoik (۲۰۰۷) نشان داد که افزایش فعالیت AST از علایم آسیب جدی به کبد از طریق آزادسازی AST میتوکندریایی است.

در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری در آنزیم آلفا آمیلاز مشاهده نشد. با این وجود، تیمار گلوکز ۳۰ درصد دارای پایین‌ترین سطح این آنزیم بود که نشان دهنده قابلیت هضم کم گلوکز است. Tian و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که سطح آنزیم آلفا-آمیلاز در ماهی آمور با افزایش سطح نشاسته گندم کاهش یافت. مقادیر متوسط آنزیم لیپاز در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵درصد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود. کاهش فعالیت لیپاز در سطوح بالا می‌تواند در نتیجه وجود فاکتورهای ضد تغذیه‌ای باشد که بر آنزیم‌های پانکراس تأثیر می‌گذارد (Robaina *et al.*, 1995). مقادیر آنزیم‌های پپسین و تریپسین در ماهیان تغذیه شده با گلوگز و نشاسته ذرت ۱۵درصد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بودند. این نتایج مطابق با مطالعه Horie و همکاران (۱۹۹۵) می‌باشد مبنی بر این‌که فیبر موجود در غذا می‌تواند مانع از فعالیت پپسین شده و به دنبال آن، سبب کاهش رشد ماهی گردد، با توجه به اینکه مرحله اول هضم در ماهیان گوشت‌خوار در معده اتفاق می‌افتد (Greenwood, 1953). نتایج فعالیت آنزیم‌های پپسین می‌تواند به علت توانایی سازگاری ماهی با نشاسته ذرت ۱۵درصد باشد، اما در سطوح بالاتر جایگزینی، فعالیت آن کاهش یافت.

در مطالعه حاضر، قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵درصد نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بود. دلیل هضم و استفاده بهتر ماهیان از نشاسته ذرت در مقایسه با گلوگز می‌تواند میزان بالاتر نسبت آمیلوپکتین به آمیلوز باشد که سبب هضم و استفاده بهتر آن در مقایسه با سایر انواع کربوهیدرات‌ها باشد (Suarez *et al.*, 1995). ماهیان همه‌چیزخوار، کربوهیدرات‌های دارای ساختار مولکولی پیچیده مشابه با دکسترین را به دلیل جذب آهسته‌تر، بهتر از کربوهیدرات‌های با ساختار ساده منو یا دی ساکارید هضم و استفاده می‌کنند (Lee *et al.*, 2003; Tan *et al.*, 2006). همچنین پیچیدگی مولکولی، نوع و حضور آنزیم‌های درگیر در هضم کربوهیدرات تأثیر مستقیمی بر استفاده ماهی از کربوهیدرات دارد (Hemre *et al.*, 2002). این داده ها با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارند. بیان اختلاف در نتایج مطالعات با انواع کربوهیدرات مربوط به فرمولاسیون جیره، شرایط پرورش، مدیریت تغذیه، دمای آب، فیزیولوژی متفاوت گونه‌های مختلف، هضم، جذب و ترشحات هورمونی میان گونه‌ها مربوط می‌باشد (Lee *et al.*, 2003).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان این فرضیه را ثابت کرد که ماهیان می‌توانند فعالیت آنزیمی دستگاه گوارش را تا حدی با توجه به ترکیب مواد غذایی جیره به تعادل برسانند. فعالیت آنزیم‌های گوارشی، قابلیت هضم و جذب در ماهیان تغذیه شده با گلوگز و نیز در سطوح بالای نشاسته ذرت کاهش یافت، ولی در سطوح بهینه نشاسته ذرت تغییر کمتری در آنزیم‌های پانکراس مشاهده شد. استفاده از نشاسته ذرت تا سطح ۱۵ درصد جیره برای تاس‌ماهی سیبری قابل تحمل است، اما وقتی که از این حد بالاتر رود، احتمالاً با افزایش مقدار مواد ضد تغذیه‌ای و به دنبال آن کاهش جذب مواد مغذی، سبب کاهش فعالیت‌های آنزیم‌های روده می‌شود و اثرات نامطلوبی بر رشد خواهد گذاشت. براساس نتایج می‌توان اظهار کرد که سطح ۱۵ درصد نشاسته ذرت می‌تواند سبب افزایش رشد، بهبود ترکیب بدن، قابلیت هضم و آنزیم‌های گوارشی در تاس‌ماهی سیبری گردد. از نظر اقتصادی، استفاده از نشاسته ذرت در شرایط پرورشی نسبت به گلوکز مقرون به صرفه می باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر در قالب طرح مصوب شورای تحقیقات و فناوری استان گیلان- رشت (با حمایت مالی استانداری گیلان) با عنوان «بهینه سازی جیره غذایی با هدف افزایش شاخص‌های رشد، بهبود کارایی تغذیه و ارتقای سیستم ایمنی تاس‌ماهیان پرورشی (فاز اول: فیل‌ماهی و تاس‌ماهی سیبری)» با شماره مصوب: ۴-۳۲-۳۲-۹۴۱۰۴ در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر انجام گردید. نگارندگان کمال تشکر را از کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه دست یاری دادند و با زحمات بی‌دریغشان پشتیبان ما بودند، ابراز می‌دارند.

منابع

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، سیدحسنی، م.ح. و پورعلی، ح.ر.، ۱۳۹۵. اثر مکمل متیونین و لایزین بر روند رشد، کارایی غذا، قابلیت هضم و ترکیب بدن فیل ماهی پرورشی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره محتوی پروتئین سویا. مجله علمی شیلات ایران. ۲۵(۱):۱۳۳-۱۱۹.
DOI:10.22092/ISFJ.2017.110228

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، کاظمی، ر.ا. و طاعتی، ر.، ۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف ال–کارنیتین جیره غذایی بر روند رشد و تنش اکسیداتیو (Oxidative stress) فیل‌ماهی جوان پرورشی (*Huso huso*) و مقایسه آن با جیره وارداتی (بیومار). مجله علمی شیلات ایران. ۶ (۳):۱۸۳-۱۷۱.
DOI:10.22092/ISFJ.2017.113558

محسنی، م.، پورعلی، ح.ر.، حسنی، م.ح.، کاظمی، ر.ا.، پوردهقانی، م.، حلاجیان، ع.، جلیل پور، ج.، علیپور، ع.، دادگر، ش. و طاعتی، ر.، ۱۳۹۸. گزارش نهایی بهینه‌سازی جیره غذایی با هدف افزایش شاخص‌های رشد، بهبود کارایی تغذیه و ارتقای سیستم ایمنی تاس‌ماهیان پرورشی (فاز اول: فیل‌ماهی و تاس‌ماهی سیبری). مؤسسه تحقیقات بین المللی تاس‌ماهیان دریای خزر. ۱۸۲ص.

محسنی، م.، سیدحسنی، م.م.، پورعلی، ح.ر.، کاظمی، ر.ا. و حلاجیان، ع.، ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف کولین بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون فیل‌ماهی جوان پرورشی. فصلنامه علوم و فنون شیلات. ۷(۳):۷-۱.

AOAC, 2005. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg, Maryland, USA.

Bibiano Melo, J.F., Lundstedt, L.M., Meton, I., Baanante, I.V. and Moraes, G., 2006. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). *Archives of Biochemistry and Biophysics*. A. 145:181-187. DOI:10.1016/j.cbpa.2006.06.007.

Bradford, M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248–254. DOI:10.1016/0003-2697(76)90527-3.

Deng, D.F., Refstie, S. and Hung, S.S.O., 2001. Glycemic and glycosuric responses in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) after oral administration of simple and complex carbohydrates. *Aquaculture*, 199:107–117. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00515-4.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

Deng, D.F., Hemreb, G.I., Storebakkenc, T., Shiaud, S.Y. and Hung, S.S.O., 2005. Utilization of diets with hydrolyzed potato starch, or glucose by juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*), as affected by Maillard reaction during feed processing. *Aquaculture*, 248:103–109. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.04.010.

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

Fynn-Aikins, K.F., Hung, S.S.O., Liu, W. and Li, H., 1992. Growth Lipogenesis and Liver composition of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fed different levels of D-glucose. *Aquaculture*, 105: 61-72. DOI:10.1016/0044-8486(92)90162-E.

Fynn-Aikins, K.F., Hung, S.S.O. and Hughes, G.S., 1993. Effect 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. DOI:10.1007/BF00004416.

Genc, M.A., Aktas, M., Genc, E. and Yilmaz, E., 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus. Aquaculture Nutrition*, 13: 156-161. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00469.x.

Greenwood, P.H., 1953. Feeding mechanism of the Cichlid fish (*Tilapia esculenta*) Graham. *Nature*, 172: 207–208. DOI:10.1038/172207c0**.**

Gul, Y., Salim, M. and Rabbani, B., 2007. Evaluation of apparent digestibility coefficients of different dietary protein levels with and without fish meal for *Labeo rohita*. *Pakistan Veterinary Journal*, 27: 121-125. Corpus ID: 38709531.

Hemre, G.I., Mommsen, T. and Krogdahl, A., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8(3):175-194. DOI:10.1046/j.1365-2095.2002.00200.x.

Horie, Y., Sugase, K. and Horie, K., 1995. Physiological differences of soluble and insoluble dietary fiber fractions of brown algae and mushrooms in pepsin activity in vitro and protein digestibility. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 4, 251–255. PMID:24394334.

Hung, S.S.O., Lutes, P.B., Conte, F. and Storebakken, T., 1989. Ability of juvenile white sturgeon to utilize different carbohydrate source. *Journal of Nutrition*, 119: 727-733. DOI:10.1093/jn/119.5.727.

Hung, S.S.O., Groff, J. M., Lutes, P.B. and Fynn-Aikins, F.K., 1990. Hepatic and Intestinal histology of Juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fed different carbohydrate source. *Aquaculture*, 87:349-360. DOI:10.1016/0044-8486(90)90072-U.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

Hung, S.S.O., Lazard, J. Mariojouls, C. and Moreau, Y., 2003. Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong River (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878). *Aquaculture Nutrition*, 9: 215-222. DOI:10.1046/j.1365-2095.2003.00244.x.

Iijiama, N., Tanaka, S. and Ota, Y., 1998. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of Red sea bream (*Pagrus major*). *Journal of Fish Physiology and Biochemistry*, 18: 59-69. DOI:10.1023/A:1007725513389.

Jiang, M., Liu, W., Wen, H., Huang, F., Wu, F., Tian, J., Yang, C.G., Wang, W.M. and Wei, Q.W., 2014. Effect of dietary carbohydrate sources on the growth performance, feed utilization, muscle composition, postprandial glycemic and glycogen response of Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii* Brandt, 1869. *Journal of Applied Ichthyology*. 30(6):1613-1619. DOI: 10.1111/jai.12600

Kaushik, S.J., Luquet, P., Blanc, D. and Paba, A., 1989. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon. Utilization of digestible carbohydrates by sturgeon. *Aquaculture*, 76: 97-107.DOI:10.1016/0044-8486(89)90254-8.

Kim, L.O. and Lee, S.M., 2005. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. *Aquaculture*, 243:323–329. DOI:10. 1016/j. aquaculture. 2004. 11. 003.

Krogdahl, A., Hemre, G.I. and Mommsen, T.P., 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*, 11:103–122. DOI:10.1111/j.1365-2095.2004.00327.x.

Lee, S.M., Kim, K.D. and Lall, S.P., 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*, 221(1):427-438. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00061-9.

Lee, S.M. and Lee, J.H., 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus. Fisheries Science*, 70:53-58. DOI:0.1111/j.1444-2906.2003.00770.x.

Lin, J.H., Cui, Y., Hung, S.S.O. and Shiau, S.Y., 1997. Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *0. aureus*). *Aquaculture*, 148: 201-211. DOI:10.1016/S0044-8486(96)01420-2.

Lundstedt, L.M., Melo, J.F.B. and Moraes, G., 2004. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 137: 331-339. DOI:10.1016/j.cbpc.2003.12.003.

Luo, G., Xu, J., Teng, Y., Ding, C. and Yan, B., 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) reared in freshwater. *Aquaculture Research*, 41:210-219. DOI:10.1111/j.1365-2109.2009.02319.x.

Mohseni M., Hassani, M H., Pourali, H.R., 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: 775–780. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01706.x.

Mohseni, M., Pourkazemi M., Hosseni, M.R., Hassani, M.H. and Bai, S.C., 2013. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Aquaculture Research*, 44:378-387. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.03041.x.

Rehulka, J. and Minarik, B., 2007. Blood parameters in brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1815), affected by columnaris disease. *Aquaculture Research*, 38(11): 1182-1197. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01786.x.

Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D. and Fernandez-Palacios, H., 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130(2-3):219-233. DOI: 10.1016/0044-8486(94)00225-D.

Shahsavani, D., Mohri, M. and Gholipour Kanani, H., 2010. Determination of normal values of some blood serum enzymes in *Acipenser stella*tus. *Fish Physiology and Biochemis*try, 36: 39–43. DOI: 10.1007/s10695-008-9277-3. Epub 2008 Nov 4.

Shi, X., Li, D., Zhuang, P., Nie, F. and Long, L., 2006. Comparative blood biochemistry of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) and Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32: 63–66. DOI: 10.1007/s10695-006-7134-9.

Suarez, M., Hidalgo, M., Gallego, M.G., Sanz, A. and De la Higuera, M., 1995. Influence of the relative proportions of energy yielding nutrients on liver intermediary metabolism of the European eel. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 111(3):421-428. DOI:10.1016/0300-9629(95) 00035-6.

Tian, L.X., Liu, Y.J., Yang, H. J. and Liang, G.Y., 2012. Effects of different dietary wheat starch levels on growth, feed efficiency and digestibility in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture International*, 20: 283–293. DOI:10.1007/s10499-011-9456-6.

Tan, Q., Xie, S., Zhu, X., Lei, W. and Yang, Y., 2006. Effect of dietary carbohydrate sources on growth performance and utilization for gibel carp (*Carassius auratus* gibelio) and Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). *Aquaculture Nutrition*, 12: 61–70. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2006.00382.x

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

Villasante, A., Ramirez, C., Catalan, N., Opazo, R., Dantagnan, P. and Romero, J., 2019. Effect of dietary carbohydrate-to-protein ratio on gut microbiota in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Animals.* 9(3):1-16.DOI: 10.3390/ani9030089.

Webster, C.D. and Lim, C., 2002. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. 418P.

Wilson, R.P., 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67–80. DOI:10.1016/0044-8486(94)90363-8.

Worthington, C.C., 1991. Worthington enzyme manual related Biochemical. 3th Ed. Freehold. New Jersey, USA. pp. 250-253.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]

Effect of different sources of carbohydrate on growth performance, body composition, digestibility, digestive and liver enzymes of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Mohseni M.[1*]; Taati R.[2]; Dadgar S.[3]; Alipour A.[1]

[*]mahmoudmohseni73@gmail.com-

1- International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

2-Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran.

3-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Abstract

The present study was carried out to determine the effect of different levels of glucose and corn starch as carbohydrate sources on growth performance, body composition, digestibility, digestive and liver enzymes of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). A total number of 120 Siberian sturgeons weighing 25.64 ± 2.80g were fed four diets including glucose 15%, glucose 30%, corn starch 15% and corn starch 30% for a period of 11 weeks. Results showed that final weight, final total length, percentage of body weight increase, specific growth rate, mean daily growth, protein efficiency ratio and condition factor in fish fed corn starch 15% were high in comparison with other treatments ($P>0.05$). Significant difference was seen between fish fed corn starch 30% with fish fed glucose 15% in hepatosomatic index ($P<0.05$). The highest content of carcass protein was seen in corn starch 15% that showed significant difference with glucose 15% and 30% ($P<0.05$). Fish fed glucose 15% had the highest content of carcass total carbohydrate which showed significant difference with corn starch 15% and 30% ($P<0.05$). The contents of lipase, pepsin, trypsin and chymotrypsin enzymes and also apparent digestibility of protein and lipid in fish fed corn starch 15% were higher than the other treatments ($P<0.05$). The highest contents of liver enzymes were recorded in fish fed glucose 30% ($P>0.05$). Based on the mentioned results, corn starch at the level of 15% can increase growth and improve body composition, digestibility and digestive enzymes in Siberian sturgeon.

Keywords: Carbohydrate, Growth, Digestibility, Digestive Enzymes, Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*)

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-05-30]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.4.16.0]