

## 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<sup>\*</sup><sup>۱</sup>، رضا طاعنی<sup>۲</sup>، شهرام دادگر<sup>۳</sup>، علی علیپور<sup>۱</sup>

\*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 پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸

## 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  $25.64 \pm 2.80$  گرم به مدت ۱۱ هفته با چهار جیره حاوی گلوکز ۱۵ درصد، گلوکز ۳۰ درصد، نشاسته ذرت ۱۵ درصد 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 ۱۵ درصد 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، پیسین، تریپسین و کیموتریپسین و نیز قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵ درصد نسبت به سایر تیمارها بالاتر بودند ( $p < 0.05$ ). بالاترین میزان آنزیم‌های کبدی در ماهیان تغذیه شده با گلوکز ۳۰ درصد 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*)

<sup>\*</sup>نویسنده مسئول

**مقدمه**

تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) (Kaushik *et al.*, 1989, *al.*, 1989)، گلوکز و نشاسته ذرت در تاس‌ماهی سفید Hung *et al.*, (1990; *Acipenser transmontanus*) Fynn-Aikins *et al.*, 1992, 1993 (1990; Flynn-Aikins *et al.*, 1992, 1993) گلوکز، مالتوز، دکستربن و سلولز در کفشك زیتونی (Lee *et al.*, 2003) (*Paralichthys olivaceus*) دکستربن و نشاسته در تاس‌ماهی آمور (*Acipenser schrenckii*) (Jiang *et al.*, 2014) (schrenckii)، نشاسته گندم در (Villasante (*Salmo salar*) آزادماهی اقیانوس اطلس) (Huso *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، ۱۳۹۵ و 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  $2/80 \pm 25/6$  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. تغییض آب مخازن به صورت روزانه یکبار به میزان ۹۰ درصد انجام می‌گرفت. پس از دو هفته سازگاری و زیست‌سننجی، 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

با توجه به نقش تغذیه در آبزیپروری که شامل بخش هنگفتی از هزینه‌های کل پرورش می‌شود (۴۰-۵۰ درصد)، باید اذعان داشت که پرورش موفق ماهیان نیاز به استفاده از خوارک 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<sup>۱</sup> 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 به طور 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 گوشت خوار از جمله آزادماهیان و تاس‌ماهیان به دلیل فعالیت کم آنزیمهای هضم‌کننده کربوهیدرات (آمیلаз)، 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

<sup>۱</sup> Protein sparing

نوری به صورت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم گردید. میانگین دما، اکسیژن و pH در طول دوره پرورش به ترتیب  $24/90 \pm 0/5$  درجه سانتی گراد،  $6/90 \pm 0/21$  میلی گرم در لیتر و  $7/92 \pm 0/09$  بودند. جهت ارزیابی میزان رشد و تعیین زیستوده هر مخزن پس از هر مرحله زیست سنجی، شاخص های رشد محاسبه شدند (Luo et al., 2010).

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 سیری به مدت ۱۱ هفته و براساس حداکثر ۲درصد وزن توده زنده در ۳ نوبت (۸ صبح، ۱۴ عصر و ۲۰ شب) تقدیه شدند (Mohseni *et al.*, 2011, 2013).

جدول ۱: ترکیبات غذایی جیره‌های آزمایشی برای تغذیه تا سی سه ماهی در مدت ۱۱ هفته  
Table 1: Ingredients of experimental diets for feeding of *A. baerii* during 11 weeks

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

\*شرکت گلوكوزان، قزوین، ایران.

\*\* شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران.

مقدار ویتامین‌ها بر اساس گرم در ۱۰۰ گرم مکمل ویتامینی شامل ویتامین E:  $K_3$ ،  $B_1$ :  $B_2$ ،  $B_3$ :  $B_5$ ،  $B_6$ :  $B_4$ ،  $B_9$ :  $B_{12}$ ،  $B_2$ :  $H_2$ ، C:  $D_3$ ، اینوزیتول: ۲ و بوتیل هیدروکسی تولوئن: ۲. به علاوه ویتامین A: IU ۱۶۰۰۰ و ویتامین D: IU ۴۰۰۰.

\*\*\*شکت لایات، های سپانس، قزهین، ایلان

مقدار مواد معدنی بر اساس گرم در  $10^6$  گرم مکمل معدنی شامل آهن:  $2/6$ ، روی:  $1/25$ ، سلیوم:  $2/48$ ، کبالت:  $0/048$ ، مس:  $0/42$ ، منگنز:  $0/58$ ، بده:  $0/1$  و کولک:  $0/2$ .  
سرت - پرورشی میان مردم ایران.

و با آب مقطر شستشو داده شدند. دستگاه گوارش با ابزار جراحی جدا و با سرم فیزیولوژی شستشو و در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری گردید. پروتئین محلول نمونه- Bradford های هموژن شده دستگاه گوارش با روش (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. برای تعیین فعالیت آنزیم پپسین از سوبسترا و با روش Worthington (۱۹۹۱)، آنزیم Benzoyl - DL-arginin-p-nitroanilide تریپسین از سوبسترا به عنوان سوبسترا، آنزیم کیموتریپسین از سوبسترا -Succinyl - 2- Pro-phe - nitroanilide روش Erlanger (۱۹۶۱) و آنزیم لیپاز با استفاده از هیدرولیز P-nitrophenyl myristate به عنوان سوبسترا به روش Iijima 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 ادرصد اکسیدکروم (Cr<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) به میزان ۲ درصد وزن بدن به مدت ۲۱ روز 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 نکند. ۱۵ ساعت پس از غذاده‌ی، جمع‌آوری مدفوع از هر مخزن انجام و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد قرار داده شدند. میزان اکسیدکروم در جیره و مدفوع پس از تهیه ۱۵ میلی‌لیتر محلول هضم (سدیم موییدات، 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  $[1-(F/D \times Dcr / Fcr)] = ADC$  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.

**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 اماء 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 سانتی گراد تعیین گردید. ماده خشک جیره غذایی و لاشه تهیه و سپس خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی (Mdl 07 Ecotec-sic) در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت، پروتئین خام به روش کجلدا (Mdl Behr آلمان) با ضریب ثابت ۶/۲۵ تعیین شدند. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسوله (Mdl 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 ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ و سرم جدا شد. آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به روش رنگ‌سنجدی کینتیک، آنزیم آکالالین فسفاتاز (ALP) به روش آنزیماتیک کینتیک و آنزیم آلفا-امیلاز به روش Shahsavani *et al.*, 2010.

#### سنجه آنزیم‌های گوارشی

نمونه‌برداری از ماهیان در آنتهای دوره بعد از ۲۴ ساعت قطع غذاده‌ی انجام گرفت. از هر تیمار ۹ قطعه ماهی جدا

نتائج

## شاخص‌های رشد و تغذیه

جدول ۲، نتایج شاخص‌های رشد را در تاس‌ماهی سیریر پرورشی در پایان هفته یازدهم نشان می‌دهد. وزن نهایی، طول کل نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، نسبت بازده پروتئین و ضریب چاقی در تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد بالاتر از سایر تیمارها بود ( $p < 0.05$ ). تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد دارای پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی بود. درصد زنده‌مانی در تیمارهای اختلاف معنی داری نشان نداد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگروف- اس میرنوف و آزمون همگنی گروه ها با آزمون Levene انجام پذیرفت. با توجه به همگن بودن داده ها، برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تعذیبی ای از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و برای جداسازی گروه های همگن از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای داده های غیر همگن از آزمون غیر پارامتریک کروسکال- والیس استفاده گردید که معنی دار بودن گروه ها با آزمون من- ویتنی در سطح احتمال ۵ درصد مشخص گردید. نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ برای تحلیل داده ها به کار برده شد.

جدول ۲: شاخص های رشد تاس ماهی سیبری تعذیه شده با منابع مختلف کربوهیدرات در مدت ۱۱ هفته  
Table 2: Growth indices of *A.baerii* fed different sources of carbohydrate during 11 weeks

شاخص های رشد	گلوكز ۱۵ درصد	گلوكز ۳۰ درصد	نشاسته ذرت ۱۵ درصد	نشاسته ذرت ۳۰ درصد	درصد زندگانی
وزن اولیه (گرم)	۲۴/۱۶ ± ۳/۲۳	۲۶/۷۱ ± ۲/۸۹	۲۵/۴۴ ± ۲/۶۹	۲۶/۲۶ ± ۳/۰۹	۲۶/۲۶ ± ۳/۰۹
وزن نهایی (گرم)	۷۷/۶۸ ± ۲۸/۶۵	۸۰/۷۸ ± ۲۹/۲۹	۸۸/۲۸ ± ۳۰/۲۵	۷۰/۷۰ ± ۲۴/۷۵	۷۰/۷۰ ± ۲۴/۷۵
طول کل نهایی (سانتی متر)	۲۹/۷۶ ± ۳/۴۱	۳۰/۳۵ ± ۳/۸۰	۳۰/۷۲ ± ۳/۳۲	۳۰/۶۸ ± ۳/۰۴	۳۰/۶۸ ± ۳/۰۴
درصد افزایش وزن بدن	۱۳۹/۵۷ ± ۲۲/۶۷	۱۵۴/۲۷ ± ۲۴/۸۶	۱۸۱/۵۷ ± ۱۵/۷۳	۱۲۴/۹۳ ± ۲۵/۳۷	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	۱/۳۴ ± ۰/۱۸
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۲ ± ۰/۱۷	۱/۰۹ ± ۰/۱۵	۱ ± ۰/۱۱	۱/۲۷ ± ۰/۱۷	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	۲/۰۷ ± ۰/۴۲
نسبت بازده پروتئین	۱/۸۷ ± ۰/۲۳	۲/۰۴ ± ۰/۳۰	۲/۳۷ ± ۰/۱۵	۱/۷۶ ± ۰/۲۳	۱/۷۶ ± ۰/۲۳
ضریب چاقی	۰/۲۹ ± ۰/۰۱	۰/۲۸ ± ۰/۰۳	۰/۳۰ ± ۰/۰۰۰	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۵	۰/۲۹ ± ۰/۰۰۵
شاخص کبدی (درصد)	۳/۶۱ ± ۰/۵۳ <sup>a</sup>	۳/۴۳ ± ۰/۴۴ <sup>ab</sup>	۲/۸۹ ± ۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۲/۷۷ ± ۴۹ <sup>b</sup>	۲/۷۷ ± ۴۹ <sup>b</sup>
درصد زندگانی	۱۰۰	۱۰۰	۹۳/۳۳ ± ۵/۷۷	۱۰۰	۱۰۰

اعدادی که در هر دیف دارای حروف غیر مشابه هستند، اختلاف معنی دارند (۵/۰). (p.)

لاشه اختلاف معنه داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ).

تہ کب لاشہ

بیشترین میزان پروتئین لاشه (جدول ۳) در تیمار نشاسته ذرت ۱۵ درصد مشاهده گردید که اختلاف معنی داری با تیمارهای گلوکز ۱۵ و ۳۰ درصد نشان داد ( $p < 0.05$ ). تیمار گلوکز ۱۵ درصد دارای بیشترین کربوهیدرات کل لاشه بود که با تیمارهای نشاسته ذرت ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاف معنی داری نشان داد ( $p < 0.05$ ). بین تیمار گلوکز ۱۵ درصد با نشاسته ذرت ۱۵ درصد در کربوهیدرات کل

## فعالیت آنژینهای گوارشی و کبدی

مقادیر آنزیم لیپاز، پیپسین، تریپسین و کیموتریپسین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵ درصد به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارها بود ( $p < 0.05$ ). ماهیان تغذیه شده با گلوكز ۳۰ درصد بالاترین میزان آنزیم های کبدی، ALT و AST را نشان دادند (جدوا، ۴).

جدول ۳: تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر ترکیب بدن تاسماهی سبیری 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 ۱۵ درصد	گلوکز ۳۰ درصد	نشاسته ذرت ۱۵ درصد	نشاسته ذرت ۳۰ درصد
پروتئین	۱۲/۳۶ ± ۰/۵۸ <sup>c</sup>	۱۳/۱۷ ± ۰/۴۹ <sup>b</sup>	۱۴/۳۲ ± ۰/۲۱ <sup>a</sup>	۱۳/۸۰ ± ۰/۴۶ <sup>ab</sup>
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 <sup>a</sup>	۲/۵۶ ± ۰/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۶۱ ± ۰/۲۹ <sup>c</sup>	۱/۸۰ ± ۰/۲۰ <sup>bc</sup>
رطوبت	۷۷/۲۹ ± ۱/۲۵	۷۸/۴۳ ± ۱	۷۸/۴۶ ± ۰/۹۷	۷۸/۷۷ ± ۱/۳۲

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیر مشابه هستند، اختلاف معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

جدول ۴: تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر آنزیمهای گوارشی و کبدی تاسماهی سبیری 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 ۱۵ درصد	گلوکز ۳۰ درصد	نشاسته ذرت ۱۵ درصد	نشاسته ذرت ۳۰ درصد
alfa-آمیلاز (U/L)	۱۰/۸/۱±۳/۱۸	۹/۸/۱±۶/۵	۱۰/۴/۵±۵/۴۳	۱۰/۶/۳±۱۰/۳
لیپاز (u/mg protein)	۰/۶۶±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۶۴±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۰/۷۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۶۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>
پپسین (u/mg protein)	۰/۶۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۶۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۶۴±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۴۹±۰/۰۳ <sup>b</sup>
تریپسین (u/mg protein)	۱/۵۸±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۶۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۶۱±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۶۱±۰/۰۱ <sup>b</sup>
کیموتریپسین (u/mg protein)	۰/۲۵±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۲۴±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۰/۳۳±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۰/۰۱ <sup>b</sup>
آنزیم AST (U/L)	۱۴/۷/۱۶±۲۸/۵۰	۲۱/۱/۵۰±۷۷/۹۴	۱۹/۰/۱۶±۴۶/۵۱	۱۵/۰/۳۳±۶۲/۳۵
آنزیم ALT (U/L)	۶/۸۳±۶/۳۰	۱۲/۳/۳±۴/۸۸	۱۱/۱/۶±۴/۱۶	۵/۶۶±۴/۱۷
آنزیم ALP (U/L)	۴۰/۳/۵±۷۸/۲۰	۴۴/۲/۸۳±۵۴/۱۹	۳۵/۷/۱۶±۱۰/۳/۷۰	۳۵/۰/۳۳±۲۱/۶۲

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیر مشابه هستند، اختلاف معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

قابلیت هضم ظاهری چربی و پروتئین در ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت ۱۵ درصد به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود ( $p < 0.05$ ).

قابلیت هضم ظاهری  
کمترین میزان ماده خشک در ماهیان تغذیه شده با  
نشاسته ذرت ۳۰ درصد و با تفاوتی معنی دار نسبت به  
گلوکز ۱۵ درصد مشاهده شد (جدول ۵). قابلیت هضم

جدول ۵: تأثیر منابع مختلف کربوهیدرات بر قابلیت هضم ظاهری تاسماهی سبیری 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 11<sup>th</sup> week (n=27 per treatment)

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

اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیر مشابه هستند، اختلاف معنی داری دارند ( $p < 0.05$ ).

## بحث

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 کربوهیدرات‌در 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 نشان دهنده 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 دکسترن و ۵-۲۵ 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 سیب زمینی هیدرولیز شده در تاس‌ماهی سفید نشان داد که نشاسته سیب زمینی هیدرولیز شده ایمنی 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 تاس‌ماهی سفید همخوانی دارد. همسو با تحقیق حاضر، Fynn-Aikins و همکاران (۱۹۹۲) و (۱۹۹۳) بچه تاس‌ماهیان سفید را با ۶ سطح D-گلوکز (۷، ۲۱، ۱۴، 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.

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

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 سنتر 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 حالی که کارایی بالاتر کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر نظیر نشاسته به علت عملکرد آنژیم‌های 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 تاس‌ماهی سفید همخوانی دارد. همسو با تحقیق حاضر، Fynn-Aikins و همکاران (۱۹۹۲) و (۱۹۹۳) بچه تاس‌ماهیان سفید را با ۶ سطح D-گلوکز (۷، ۲۱، ۱۴، 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.

بقیه تیمارها بالاتر بود. دلیل هضم و استفاده بهتر ماهیان از نشاسته ذرت در مقایسه با گلوگز می‌تواند میزان بالاتر نسبت آمیلوبکتین 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 دکستربن را به دلیل جذب آهسته‌تر، بهتر از کربوهیدرات‌های با ساختار ساده منو یا دی‌ساکارید هضم و استفاده می‌کنند (Lee *et al.*, 2003; Tan *et al.*, 2003; Lundstedt *et al.*, 2004).

همچنین پیچیدگی مولکولی، نوع و حضور آنزیم‌های درگیر در هضم کربوهیدرات تأثیر مستقیمی بر استفاده ماهی از کربوهیدرات دارد (Hemre *et al.*, 2002). این داده‌ها 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 سبیری 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 سبیری گردد. از نظر اقتصادی، استفاده از نشاسته ذرت در شرایط پرورشی نسبت به گلوگز مقرن به صرفه می‌باشد.

(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 (Rehulka *et al.*, 2007). همچنین مطالعات Lundstedt *et al.*, 2004) نشان داد که افزایش AST از علایم آسیب جدی به کبد از طریق آزادسازی AST میتوکندریابی است.

در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری در آنزیم آلفا‌آمیلاز مشاهده نشد. با این وجود، تیمار گلوگز ۳۰ درصد دارای پایین‌ترین سطح این آنزیم بود که نشان دهنده قابلیت هضم کم گلوگز است. Tian و همکاران (2012) 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 ۱۵ درصد 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 پیپسین و تریپسین در ماهیان تغذیه شده با گلوگز و نشاسته ذرت ۱۵ درصد به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بودند. این نتایج مطابق با مطالعه Horie و همکاران (1995) می‌باشد مبنی بر این که فیبر موجود در غذا می‌تواند مانع از فعالیت پیپسین 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 پیپسین می‌تواند به علت توانایی سازگاری ماهی با نشاسته ذرت ۱۵ درصد 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 ۱۵ درصد نسبت به

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 بیوشیمیابی سرم خون فیل‌ماهی جوان پرورشی. *فصلنامه علوم و فنون شیلات*. ۷(۳):۱-۷.

**AOAC, 2005.** Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International*, 18<sup>th</sup> 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.

## 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 ۹۴۱۰۴-۳۲-۳۲-۴۳۲ در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر انجام گردید. نکارندگان کمال تشکر را از کلیه همکارانی که در اجرای این پژوهه 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 فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*) (تغذیه شده با جیره محتوی پروتئین سویا. مجله علمی شیلات ایران. ۱۳۳(۱):۲۵-۱۱۹.

DOI:10.22092/ISFJ.2017.110228

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، کاظمی، ر.ا. و طاعتی، ر.، ۱۳۹۶. اثر سطوح مختلف ال-کاربینتین جیره غذایی بر روند رشد و تنش اکسیداتیو (*Huso huso*) و مقایسه آن فیل‌ماهی جوان پرورشی (*Huso huso*) با حیره وارداتی (بیومار). مجله علمی شیلات ایران. ۱۸۳(۳):۱۷۱-۱۸۳.

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 بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر. ۱۸۲(۱).

- Deng, D.F., Hemreb, G.I., Storebakken, 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.

- 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 Shiao, S.Y., 1997.** Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. 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

- 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 stellatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 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

- 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. 3<sup>th</sup> Ed. Freehold. New Jersey, USA. pp. 250-253.

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

Mohseni M.<sup>1\*</sup>; Taati R.<sup>2</sup>; Dadgar S.<sup>3</sup>; Alipour A.<sup>1</sup>

\*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  $25.64 \pm 2.80$ g 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