

تأثیر برخی از منابع مختلف کربوهیدراتی بر عملکرد رشد، شاخص های بدنی و فعالیت آنزیم گوارشی آمیلاز در ماهی پنگوسی *Pangasiandon hypophthalmus*

مهدی آسمانی^۱، ابوالفضل سپهداری^{۱*}، محمود حافظیه^۱، شهرام دادگر^۱

*asepahdari@yahoo.com

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

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

در مطالعه حاضر اثر هفت نوع کربوهیدرات خوراکی بر عملکرد رشد، مصرف خوراک و میزان فعالیت آنزیم هضمی آمیلاز ماهی پنگوسی به مدت ۱۲ هفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره دکستروز و نشاسته سیب زمینی عملکرد رشد بهتری را نسبت به ماهیان تغذیه شده با سایر جیره های آزمایشی بجز ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته گندم داشتند. میزان چربی احشایی ماهیان تغذیه شده با نشاسته گندم و ذرت به صورت معنی داری بیشتر از میزان چربی احشایی ماهیان تغذیه شده با نشاسته سیب زمینی، آلفا و وکسی مایز^۱ بود. همچنین فعالیت آنزیم آمیلاز ماهیان تغذیه شده با نشاسته گندم بیشتر از فعالیت آنزیم آمیلاز ماهیان تغذیه شده با جیره های حاوی نشاسته آلفا، نشاسته ساگو^۲، دکستروز و نشاسته سیب زمینی بود. به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دکستروز و نشاسته سیب زمینی منابع مناسبی برای رشد ماهی پنگوسی و مطالعات بعدی در زمینه نیازهای تغذیه ای این ماهی می باشند.

واژگان کلیدی: ماهی پنگوسی، منابع کربوهیدرات، رشد، فعالیت آنزیمی

^۱ نشاسته مشتق شده از ذرت که محتوای آمپلوپکتین بالایی است.

^۲ نشاسته ای که از درخت Palm بدست می آید.

*نویسنده مسئول

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون آبی پروری، نیاز دسترسی به جیره مناسب و مقرون به صرفه جهت پرورش آبزیان نیز ضرورت یافته است. ماهی پنگوسی (*Pangasiandon hypophthalmus*) یکی از گونه‌های همه چیزخوار است (Da et al., 2013) که زادگاه آن رودخانه مکونگ در ویتنام بوده و یکی از گونه‌های مهم در صنعت شیلات دنیا به شمار می‌آید. در حال حاضر بزرگترین پرورش دهنده و صادر کننده این ماهی کشور ویتنام است و در سال‌های اخیر بسیاری از کشورها، مانند روسیه نیز به پرورش این گونه جهت مصرف داخلی و صادرات روی آورده‌اند. هرچند به دلایل مذهبی این گونه در ایران مصرف خوراکی ندارد، اما به دلیل ظاهر شبیه به کوسه ماهی به عنوان ماهی زینتی طرفداران زیادی در ایران یافته است. در مطالعه انجام شده توسط باقری و همکاران (۱۳۹۵) بر تنوع گونه‌های موجود در دریاچه شهدای خلیج فارس (بزرگترین دریاچه مصنوعی خاورمیانه) (باقری و همکاران، ۱۳۹۴) وجود ماهی پنگوسی در دریاچه مذکور گزارش شد. با توجه به این مهم که پرورش ماهی پنگوسی در دنیا اهمیت بسیار فراوانی دارد، لذا ضروری است که نیازهای غذایی این گونه از ماهی مشخص گردد. منابع کربوهیدراتی به عنوان ارزان‌ترین در دسترس‌ترین منابع موجود برای تهیه جیره دام و آبزیان اهمیت بسزایی دارند (Zhu et al., 2013). فواید استفاده از میزان بهینه و نوع مناسب کربوهیدرات در جیره آبزیان اثبات گردیده است. بکار بردن میزان مناسب کربوهیدرات در جیره، نه تنها سبب کاهش قیمت جیره بلکه موجب کاهش دفع نیتروژن در محیط زیست نیز می‌گردد (Enes et al., 2009; Hemre et al., 2002). میزان هضم و قابلیت استفاده از منابع کربوهیدراتی گونه‌های مختلف ماهی متفاوت است (Krogdahl et al., 2005). برای مثال، ماهی *Pacu* (Wilson, 2005)، گربه ماهی کانال (Muñoz-Ramirez, 2005)، *Carrassius auratus gibelio* (and Poe, 1987) و *Tan et al.*, 2006)، سوکلا (Cui et al., 2010) و ماهی سیم پوزه گرد (Ren et al., 2015) کربوهیدرات‌ها با ساختار پیچیده مانند دکسترین را بهتر از کربوهیدرات با

ساختار ساده را هضم و جذب کردند. هرچند برخی از گونه‌ها مانند ماهی گوشتخوار سالمون (Arnesen et al., 1995) رشد بهتری را با کربوهیدرات با ساختار ساده مانند گلوکز نشان داده‌اند. از سویی، نوع کربوهیدرات خوراکی تأثیری بر رشد ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) نداشت (Enes et al., 2010). این گزارش‌ها نشان‌دهنده تفاوت توانایی گونه‌های مختلف ماهی در استفاده از منابع کربوهیدراتی می‌باشد. از اینرو، مطالعه حاضر با هدف انتخاب نوع مناسب کربوهیدرات طراحی و انجام شد تا قدمی در جهت یافتن نیازهای تغذیه‌ای ماهی پنگوسی برداشته شود.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر هفت جیره آزمایشی با میزان انرژی یکسان ۱۷/۷ مگاژول در کیلوگرم، میزان پروتئین یکسان ۳۵ درصد، چربی یکسان ۱۰/۲۸ درصد و میزان کربوهیدرات یکسان ۳۰/۳۷ درصد، فرمولاسیون و ساخته شد. برای جیره‌های آزمایشی از هفت منبع مختلف کربوهیدرات (تیمار ۱: نشاسته آلفا، تیمار ۲: نشاسته ساگو، تیمار ۳: دکسترین، تیمار ۴: نشاسته گندم، تیمار ۵: نشاسته سیب زمینی، تیمار ۶: نشاسته وکسی مایز، تیمار ۷: نشاسته ذرت) استفاده شد. جدول ۱ ترکیبات جیره‌های غذایی و آنالیز تقریبی جیره‌ها را نشان می‌دهد. در آزمایش حاضر برای تأمین چربی جیره از روغن ماهی و روغن ذرت و جهت تأمین پروتئین جیره‌ها از پودر ماهی و کازئین استفاده شد. میزان کربوهیدرات استفاده شده در جیره از نتایج مطالعه Asemani و همکاران (۲۰۱۸) انتخاب شد. برای ساخت جیره‌ها ابتدا مواد اولیه بر اساس فرمولاسیون بدقت وزن شده و سپس با یکدیگر مخلوط شدند و طی مخلوط شدن روغن و سپس آب اضافه گردید. در نهایت محتوای بدست آمده از داخل دستگاه رشته ساز عبور داده شده و رشته‌های بدست آمده پس از خشک شدن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به قطعات کوچکتر به اندازه ۳ میلی‌متر تبدیل و تا زمان مصرف در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. قبل از شروع آزمایش تعداد دو هزار عدد ماهی خریداری شد و به آزمایشگاه

۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی پرورش یافتند. سپس ۲ بار در روز در ساعت‌های ۹ و ۱۷ بتدریج تا حد اشباع تغذیه شدند. پس از ۱۲ هفته، در پایان آزمایش به مدت ۲۴ ساعت تغذیه قطع شد. پس از آن ماهیان بیهوش شده و سپس به طور جداگانه وزن شدند. جهت نمونه برداری نهایی، تعداد ۳ عدد ماهی از هر تکرار جهت آنالیز تقریبی ترکیبات بدن و ۳ ماهی جهت محاسبه شاخصهای بدنی به صورت تصادفی انتخاب شدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ترکیبات بیوشیمیایی نمونه‌های آزمایشی با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC, 1995) با سه تکرار انجام شد. محاسبات فاکتورهای اندازه گیری شده از طریق فرمول‌های ذیل صورت پذیرفت:

میزان افزایش وزن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی
روزهای آزمایش / ۱۰۰ × (تعداد روزها) لگاریتم وزن اولیه (گرم) - لگاریتم وزن نهایی (گرم) = ضریب رشد ویژه
میزان پروتئین خام مصرفی / ۱۰۰ × میزان افزایش وزن (گرم) = ضریب کارایی پروتئین
۱۰۰ / وزن ابتدایی × وزن ابتدایی (گرم) - وزن نهایی (گرم) = (درصد) افزایش وزن بدن
۱۰۰ × وزن بدن (گرم) / وزن کبد (گرم) = (درصد) شاخص کبدی
۱۰۰ × وزن کل بدن (گرم) / وزن امعاء و احشاء (گرم) = (درصد) شاخص احشایی
۱۰۰ × وزن کل بدن (گرم) / وزن چربی احشایی (گرم) = (درصد) شاخص چربی احشایی

Serum (BSA) به عنوان استاندارد انجام شد. منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف BSA تهیه گردید. میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه میکروپلیت ریدر ساخت شرکت BioRad- Model 680 مشاهده و ثبت گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آمیلاز هضمی بر اساس روش Worthington (۱۹۹۳) انجام شد. در این روش نشاسته به عنوان سوبسترا تحت تاثیر آنزیم تجزیه و مالتوز تولید می‌شود که از طریق رنگ سنجی و تغییر شدت رنگ (نارنجی) در معرف دی نیترو سالیسیک اسید (Dinitrosalicylic acid) قابل سنجش می‌باشد. میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتری مشاهده و ثبت گردید.

انتقال یافت. پس از آن در تانک ۱۲۰۰ لیتری فایبرگلاس به مدت ۳ هفته با جیره تجاری کارگیل تولید کشور مالزی (Cargill) سازگار شدند. قبل از انجام آزمایش، ماهیان رقم بندی شدند و تعداد ۲۱۰ ماهی با محدوده وزنی ۵۵/۶-۱/۱ گرم به طور تصادفی در ۲۱ آکواریوم ۴۰ لیتری (۶۲×۴۰×۳۰ سانتی‌متر) ذخیره‌سازی شدند. آزمایش با ۷ تیمار در ۳ تکرار صورت پذیرفت. میزان ۷۵-۸۰ درصد آب آکواریوم‌ها هر دو روز یکبار تعویض شد. در طول انجام آزمایش به صورت یک روز در میان، پارامترهای کیفیت آب شامل درجه حرارت، pH و میزان اکسیژن مورد بررسی قرار گرفتند. میزان دمای آب ۲۷-۲۸ درجه سانتی‌گراد، میزان pH آب ۷-۵/۷ و میزان اکسیژن ۴/۸-۶/۹ میلی‌گرم بر لیتر ثبت گردید. ماهیان تحت رژیم نوری

برای اندازه‌گیری آنزیم هضمی، تعداد ۳ عدد ماهی از هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب، بیهوش و پس از استخراج روده به صورت کامل و درج وزن آن داخل محلول سرد فسفات بافر با pH ۶/۷ (۱۰ میلی لیتر فسفات بافر به ازاء هر ۱ گرم نمونه) نگهداری شدند و سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه هموژن شدند. در مرحله بعد سوسپانسیون حاصله با استفاده از سانتریفیوژ یخچال‌دار (Eppendorf 5415R) به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴±۱ درجه سانتی‌گراد با دور ۱۵۰۰۰ g سانتریفیوژ شد. سپس جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم، محلول رویی نمونه‌ها با پیپت جمع‌آوری و در دمای ۸۰- درجه تا زمان اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گوارشی نگهداری شد. اندازه‌گیری پروتئین محلول در عصاره آنزیمی به روش Bradford (۱۹۷۶) با استفاده از سرم آلبومین گاوی Bovine Albumin

جدول ۱: فرمولاسیون مواد اولیه و آنالیز تقریبی جیره های آزمایشی

Table 1: Ingredient, feed formulation and diet composition of experimental diets

جیره ۷	جیره ۶	جیره ۵	جیره ۴	جیره ۳	جیره ۲	جیره ۱	
۴۷۳	۴۷۳	۴۷۳	۴۷۳	۴۷۳	۴۷۳	۴۷۳	پودر ماهی
۱۹/۲	۱۹/۲	۱۸/۹	۱۸/۶	۱۹/۲	۱۸/۳	۱۹/۲	کازئین
۲۸۰/۱	.	.	.	.	.	.	نشاسته ذرت
.	۲۸۰/۱	.	.	.	.	.	نشاسته وکسی مایز
.	.	۲۸۰/۱	.	.	.	.	نشاسته سیب زمینی
.	.	.	۲۸۲/۱	.	.	.	نشاسته گندم
.	.	.	.	۲۸۱/۰	.	.	دکسترین
.	.	.	.	.	۲۸۱/۱	.	نشاسته ساگو
.	.	.	.	.	.	۲۸۰/۸	نشاسته آلفا
۱۰۸	۱۰۸/۱	۱۰۸/۴	۱۰۷/۵	۱۰۷/۲	۱۰۸/۱	۱۰۷/۸	سلولز
۲۸/۸۲	۲۸/۸۲	۲۸/۸۲	۲۸/۴۱	۲۸/۸۲	۲۸/۸۰	۲۸/۶۰	روغن ذرت
۲۸/۸۲	۲۸/۸۲	۲۸/۸۲	۲۸/۴۱	۲۸/۸۲	۲۸/۸۰	۲۸/۶۰	روغن ماهی
۲۰	۲	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	مواد معدنی
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	ویتامینها
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	ویتامین C
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	کولینکلراید
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	CMC
آنالیز تقریبی جیره‌ها (ماده خشک g/Kg^{-1})							
۳۴۷/۹	۳۴۸/۰	۳۴۷/۴	۳۵۱/۴	۳۴۸/۳	۳۴۹	۳۴۷/۵	پروتئین
۱۰۹	۱۰۷/۰	۱۰۷	۱۰۶/۳	۱۰۸	۱۱۰/۴	۱۱۰/۰	چربی
۱۵۸/۱	۱۶۱/۳	۱۶۰/۴	۱۵۹	۱۵۹/۸	۱۵۹/۴	۱۵۸/۳	خاکستر
۷۵/۵	۷۶/۸	۷۵/۸	۷۲	۷۳/۷	۷۲/۴	۸۰/۰	فیبر
۳۰۹/۵	۳۰۶/۹	۳۰۹/۴	۳۱۱/۳	۳۱۰/۶	۳۰۸/۸	۳۰۴/۲	کربوهیدرات
۱۷/۵۹	۱۷/۶۳	۱۷/۵۲	۱۷/۷	۱۷/۵۴	۱۷/۶۱	۱۷/۶۵	انرژی ($MJkg^{-1}$)

برای نشان دادن اختلاف آماری از حروف الفبای لاتین استفاده شد.

نتایج

نتایج رشد نمونه‌ها در تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. در طول انجام آزمایش تمامی جیره‌های آزمایشی توسط ماهیان مورد پذیرش قرار گرفت و هیچ تلفاتی ثبت نگردید.

واحد فعالیت آنزیمی بر حسب میکرو مول مالتوز آزاد شده در هر دقیقه به ازاء هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد. پارامترهای رشد ماهیان شامل درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارایی پروتئین در پایان دوره از طریق داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SPSS 16 آنالیز گردید. برای مقایسه داده‌ها روش One Way ANOVA استفاده و برای مقایسه میانگین‌ها بین تیمارها از آزمون چند دامنه $Multiplie$ -range test Duncan در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

جدول ۲: تاثیر انواع کربوهیدرات خوراکی بر عملکرد رشد ماهی پنگوسی *Pangasiandon hypophthalmus*
Table: Effect of different source and form of dietary carbohydrate on growth performance and feed utilization of *p. hypophthalmus*

تیمارهای آزمایشی						
تیمار ۷	تیمار ۶	تیمار ۵	تیمار ۴	تیمار ۳	تیمار ۲	تیمار ۱
۵/۹۱±۰/۲۳	۵/۹۹±۰/۱۸	۵/۵۵±۰/۹۲	۵/۹۵±۰/۰۹	۵/۹۴±۰/۱۶	۵/۹۲±۰/۱۳	۵/۹۳±۰/۱۱
۲۴/۱۳±۱/۴۴ ^b	۲۳/۰۰±۰/۷۶ ^b	۲۶/۴۸±۰/۲۲ ^c	۲۵/۱۲±۰/۵۳ ^{bc}	۲۸/۶۸±۱/۸۴ ^d	۲۳/۹۷±۱/۹۵ ^b	۱۹/۶۳±۰/۷۸ ^a
۳۰۸/۱±۱۲/۰۲ ^b	۲۸۴/۱±۱۶/۸۷ ^{ab}	۳۸۶/۵±۹۳/۰۴ ^c	۳۲۱/۸±۱۴/۰۲ ^{bc}	۳۸۲/۴±۱۷/۵۰ ^c	۳۰۵/۰±۳۹/۰۷ ^{ab}	۲۳۱/۰±۱۷/۹۳ ^{ab}
۲/۰۰±۰/۰۴ ^b	۱/۹۱±۰/۰۶ ^b	۲/۲۴±۰/۲۶ ^c	۲/۰۴±۰/۰۴ ^{bc}	۲/۲۴±۰/۰۵ ^c	۱/۹۸±۰/۱۳ ^b	۱/۷۰±۰/۰۷ ^a
۴۰/۰±۱/۵۸ ^d	۳۷/۳۶±۰/۶۷ ^c	۳۹/۰۰±۱/۳۱ ^{cd}	۳۳/۰۰±۱/۰۰ ^b	۴۱/۰۳±۲/۰۵ ^d	۳۲/۲۶±۱/۸۷ ^b	۲۹/۲۹±۰/۷۵ ^a
۲/۱۹±۰/۱۳ ^b	۲/۱۹±۰/۱۲ ^b	۱/۸۶±۰/۰۵ ^a	۱/۷۲±۰/۰۹ ^a	۱/۸۰±۰/۱۶ ^a	۱/۸۰±۰/۲۹ ^a	۲/۱۴±۰/۱۲ ^b
۱/۳۰±۰/۰۸ ^a	۱/۳۰±۰/۰۷ ^a	۱/۵۴±۰/۰۴ ^b	۱/۶۵±۰/۰۹ ^b	۱/۵۹±۰/۱۵ ^b	۱/۵۹±۰/۲۶ ^b	۱/۳۳±۰/۰۷ ^a
۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰	۱۰۰±۰

حروف لاتین متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌های آزمایشی است ($p < 0.05$). (میانگین \pm انحراف استاندارد، $n=3$)
 در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکستروز و نشاسته سبب زمینی میزان وزن نهایی بدن، درصد افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه بالاتری از ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته‌های آلفا، ذرت، وکسی مایز و ساگو نشان دادند. هر چند میزان افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی گندم نسبت به ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته سبب زمینی و دکستروز کمتر بود، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود ($p < 0.05$). بیشترین میزان مصرف خوراک در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ذرت و دکستروز مشاهده شد. در صورتی که میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکستروز، نشاسته سبب زمینی، گندم و ساگو به طور معنی داری کمتر ($p < 0.05$) از ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بود. همچنین میزان ضریب کارایی پروتئین ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکستروز، نشاسته سبب زمینی، گندم و ساگو به طور معنی داری بیشتر از ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بود. همچنین میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بیشتر از ماهیان تغذیه شده با جیره سبب زمینی بود. همانطوریکه نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، میزان چربی محوطه شکمی ماهیان تغذیه شده با گندم و ذرت، به طور معنی داری بیشتر از ($p < 0.05$) ماهیان تغذیه شده با نشاسته سبب زمینی، وکسی مایز و

جدول ۳: تاثیر منابع مختلف کربوهیدراتی بر شاخص های

بدنی ماهی پنگوسی *Pangasiandon hypophthalmus*

Table 3: Effect of different source and form of dietary carbohydrate on body indices of *P. hypophthalmus*

شاخص کبدی (درصد)	شاخص احشایی (درصد)	چربی احشایی (درصد)	منابع کربوهیدراتی
۲/۵۶±۰/۲۳ ^{ab}	۱۵/۸۵±۱/۵ ^{cd}	۰/۹۹±۰/۶۳ ^a	تیمار ۱
۲/۳۶±۰/۲۹ ^a	۱۵/۹۸±۱/۷۲ ^{cd}	۲/۲۵±۰/۹۷ ^{bc}	تیمار ۲
۲/۸۴±۰/۴۳ ^b	۱۴/۵۸±۲/۲۴ ^{bc}	۱/۹۵±۰/۶۳ ^{bc}	تیمار ۳
۲/۶۲±۰/۳۵ ^{ab}	۱۲/۹۱±۱/۲۵ ^a	۲/۶۴±۰/۷۷ ^c	تیمار ۴
۲/۳۷±۰/۲۳ ^a	۱۶/۸۷±۱/۵۸ ^d	۱/۵۲±۰/۴۷ ^{ab}	تیمار ۵
۲/۷۵±۰/۴۰ ^b	۱۳/۹۴±۱/۴۵ ^{ab}	۱/۱۸±۰/۶۳ ^a	تیمار ۶
۲/۵۶±۰/۲۰ ^{ab}	۱۳/۰۲±۱/۰۹ ^a	۲/۳۶±۰/۷۷ ^c	تیمار ۷

حروف لاتین متفاوت در ستون ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه های آزمایشی است ($p < 0.05$). (میانگین \pm انحراف استاندارد، $n=3$)

able 3: بیشترین میزان مصرف خوراک در ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت و دکستروز مشاهده شد. در صورتی که میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکستروز، نشاسته سبب زمینی، گندم و ساگو به طور معنی داری کمتر ($p < 0.05$) از ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بود. همچنین میزان ضریب کارایی پروتئین ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکستروز، نشاسته سبب زمینی، گندم و ساگو به طور معنی داری بیشتر از ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بود. همچنین میزان ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره ذرت، وکسی مایز و نشاسته آلفا بیشتر از ماهیان تغذیه شده با جیره سبب زمینی بود. همانطوریکه نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، میزان چربی محوطه شکمی ماهیان تغذیه شده با گندم و ذرت، به طور معنی داری بیشتر از ($p < 0.05$) ماهیان تغذیه شده با نشاسته سبب زمینی، وکسی مایز و

جدول ۴: تأثیر منابع مختلف کربوهیدراتی بر فعالیت آنزیم هضمی آمیلاز ماهی پنگوسی (*Pangasiandon hypophthalmus*)

Table 4: Effect of different source and form of dietary carbohydrate on Amylase activity of *P. hypophthalmus*

آنزیم آمیلاز (U/mg Protein)	تیمار های آزمایشی (منابع کربوهیدراتی)
۴/۰۰ ± ۰/۵۱ ^a	تیمار ۱
۳/۶۴ ± ۱/۷۴ ^a	تیمار ۲
۳/۳۳ ± ۰/۳۱ ^a	تیمار ۳
۵/۶۴ ± ۱/۱۸ ^b	تیمار ۴
۳/۸۳ ± ۱/۱۶ ^a	تیمار ۵
۴/۴۰ ± ۰/۹۳ ^{ab}	تیمار ۶
۴/۸۲ ± ۱/۷۹ ^{ab}	تیمار ۷

حروف لاتین متفاوت در ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه های آزمایشی است ($p < 0.05$). (میانگین ± انحراف استاندارد، $n=3$).

بحث

در مطالعه حاضر نوع کربوهیدرات های خوراکی استفاده شده اثر مستقیمی بر عملکرد رشد ماهی پنگوسی داشت. همانطوریکه در جدول ۲ نشان داده شده، ماهیان آزمایشی تغذیه شده با جیره حاوی دکسترین و نشاسته سیب زمینی بهترین عملکرد رشد را نشان دادند. از سویی، میزان رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته آلفا به طور معنی داری کمتر از ماهیان تغذیه شده با سایر جیره های آزمایشی بود. همچنین مطالعات نشان داده است که پیچیدگی مولکولی، نوع و حضور آنزیم های درگیر در هضم کربوهیدرات تأثیر مستقیمی بر استفاده ماهی از کربوهیدرات خوراکی دارد (Wilson 1994; NRC, 1993; Hemre et al., 2002). در مطالعه حاضر رشد کمتری در ماهیان پنگوسی تغذیه شده با ذرت در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با دکسترین مشاهده شد. در گزارشی مشابه، بررسی انجام شده بر میزان رشد ماهی همه چیز خوار گربه ماهی کانال نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی دکسترین رشد بیشتری در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته ذرت دارند (Wilson

and Poe, 1987). به طور کلی، اختلاف در استفاده از کربوهیدرات در بین گونه های مختلف ماهی که توسط مطالعات مختلف گزارش شده است می تواند مربوط به فیزیولوژی و آناتومی هضمی متفاوت در گونه های مختلف، پاسخ هورمونی، فرمولاسیون جیره، استراتژی خوراک دهی متفاوت یا درجه آب در آزمایش های مختلف باشد (Li et al., 2016; Hung et al., 1989). همچنین مطالعات نشان داده است که اختلاف در میزان هضم انواع مختلف نشاسته، مربوط به ساختار فیزیکی، میزان آمیلوز و اندازه گرانول های نشاسته است (French, 1973; Manners, 1974). از دلایل اصلی رشد متفاوت ماهیان پنگوسی تغذیه شده با انواع مختلف نشاسته در مطالعه حاضر تفاوت ساختار فیزیکی و اندازه گرانول های نشاسته مختلف استفاده شده می باشد. میزان رشد و میزان وزن نهایی بدن ماهیان پنگوسی تغذیه شده با نشاسته گندم به طور معنی داری بیشتر از ماهیان پنگوسی تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته ذرت است. در مطابقت با نتایج آزمایش حاضر، Cui و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که رشد ماهیان سوکلا تغذیه شده با گندم بهتر از رشد گروه تغذیه شده با ذرت است. دلیل هضم و استفاده بهتر ماهیان از نشاسته گندم در مقایسه با انواع دیگر در مقایسه با انواع دیگر نشاسته مثل نشاسته ذرت می تواند میزان بالاتر نسبت آمیلوپکتین به آمیلوز باشد که باعث هضم و استفاده بهتر آن در مقایسه با سایر انواع نشاسته باشد (Suarez et al., 1995). در مطالعه حاضر، ماهیان پنگوسی تغذیه شده با جیره دکسترین عملکرد رشد بهتری نسبت به ماهیان تغذیه شده با نشاسته ذرت داشتند، برخلاف این نتایج عملکرد رشد ماهی گوشتخوار گربه ماهی bagrid تغذیه شده با دکسترین کمتر از رشد ماهیان تغذیه شده با جیره نشاسته ذرت و یا نشاسته ساگو بود (Hamid et al., 2011). به طور کلی، گزارش شده که اکثر گونه های ماهی بخصوص ماهیان همه چیزخوار، کربوهیدرات های دارای ساختار مولکولی پیچیده مشابه با دکسترین را به دلیل جذب آهسته تر، بهتر از کربوهیدرات های با ساختار ساده منوساکارید یا دی ساکارید هضم و استفاده می کنند (Lee et al., 2003; Tan et

شده با جیره حاوی نشاسته گندم به طور معنی‌داری کمتر از رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با دکسترین بود که امر دلالت بر هضم پذیری کمتر نشاسته گندم در مقایسه با دکسترین توسط ماهی پنگوسی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که دکسترین و نشاسته سیب زمینی منابع مناسب کربوهیدراتی برای رشد بهتر ماهی پنگوسی می باشد. همچنین نشاسته گندم منبع بهتری در مقایسه با نشاسته ساگو، آلفا و وکسی مایز بود.

منابع

باقری، س.، مرادی، م.، عباسی، ک.، میرزاجانی، ع. و رامین، م.، ۱۳۹۴. گزارش تکمیلی ماهیان دریاچه چیتگر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی کشور. ۹۱ صفحه.

باقری، س.، عباسی، ک.، مرادی، م.، میرزاجانی، ع. و رامین، م.، ۱۳۹۵. مطالعه تنوع گونه‌ای و فراوانی ماهیان دریاچه شهدای خلیج فارس، چیتگر- تهران. مجله علمی شیلات ایران. ۲۵ (۳): ۲۴-۱۵. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110254

AOAC, 1997. Animal feeds. Chapter 4. In: Official Methods of Analysis Association of official Analytical Chemists International (ed. by P.A. Cunniff), 16th edn. Vol. 1, pp. 1-3. AOAC, Arlington, VA, USA.

Arnesen, P., Krogdahl, A. and Sundby, A., 1995. Nutrient digestibilities, weight gain and plasma and liver levels of carbohydrate in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) fed diets containing oats and maize. *Aquaculture Nutrition*, 1(3): 151-158. DOI:10.1111/j.1365-2095.1995.tb00039.x

(al., 2006). نتایج آزمایش حاضر نشان داد ماهی همه چیزخوار پنگوسی کربوهیدرات‌های دارای ساختار مولکولی پیچیده (دکسترین) را بهتر از کربوهیدرات‌های با ساختار ساده تر را هضم و استفاده می‌کنند. Wilson (۱۹۹۴) گزارش داد که هضم آهسته کربوهیدرات قند خون را تنظیم می‌کند و جذب و میزان رشد را بهبود می‌بخشد. هرچند مکانیسم دقیق استفاده از کربوهیدرات‌های مختلف هنوز ناشناخته است (Tian et al., 2010). اما به طور کلی، اختلاف در گزارش‌ها مطالعات مختلف با انواع کربوهیدرات مربوط به ترکیبات مختلف جیره، فرمولاسیون جیره، شرایط پرورش (Lee et al., 2003) استراتژی خوراک دهی، درجه حرارت آب، فیزیولوژی متفاوت گونه‌های مختلف، آناتومی، هضم، جذب و ترشحات هورمونی (Hung et al., 1989) متفاوت میان گونه‌ها در مطالعات مختلف مربوط می‌باشد. مطالعات نشان داده است اگر کربوهیدرات جذب شده برای تولید انرژی مصرف نشود، در کبد به صورت گلیکوژن یا چربی ذخیره می‌شود (Lanari et al., 1999; Brauge et al., 1994). Cui و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند میزان شاخص کبدی ماهیان سوکلا تغذیه شده با دکسترین، نشاسته گندم و نشاسته ذرت اختلاف معنی‌داری نداشت. این گزارش با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Planchot و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که منشأ نشاسته گیاهی و ساختار کریستاله گرانولهای نشاسته بر تاثیرپذیری نشاسته نسبت به فعالیت آنزیم اثر مستقیمی دارد. در آزمایش حاضر میزان فعالیت آنزیم آمیلاز ماهی پنگوسی تغذیه شده با دکسترین، ساگو و ذرت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، فعالیت آنزیم آمیلاز ماهی گوشتخوار گربه ماهی bagrid تغذیه شده با دکسترین به طور معنی‌داری کمتر از فعالیت آنزیم آمیلاز ماهیان تغذیه با جیره نشاسته ذرت و یا نشاسته ساگو بود (Hamid et al., 2011). همچنین در مطالعه حاضر میزان فعالیت آنزیم آمیلاز ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نشاسته گندم به طور معنی‌داری بیشتر از فعالیت آنزیم آمیلاز ماهیان تغذیه شده با نشاسته آلفا، دکسترین، نشاسته ساگو و نشاسته سیب زمینی بود. از سویی، میزان رشد ویژه ماهیان تغذیه

- Asemani, M., Sepahdari, A., Hafezieh, M. and Dadgar, S., 2018.** Effect of different carbohydrate-to-lipid ratios elicits on growth, feed utilization, lipid deposition and lipogenic enzyme activity of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*, Sauvage, 1878) fingerlings. *Iranian Journal of Fisheries Science*. (Article in press). DOI:10.22092/ijfs.2018.117924
- Bradford, M.M., 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1): 248-254. DOI:10.1016/0003-2697(76)90527-3
- Brauge, C., Medale, F. and Corraze, G., 1994.** Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture*, 123(1): 109-120. DOI:10.1016/0044-8486(94)90123-6
- Cui, X.J., Zhou, Q.C., Liang, H.O., Yang, J. and Zhao, L.M., 2010.** Effects of dietary carbohydrate sources on the growth performance and hepatic carbohydrate metabolic enzyme activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum Linnaeus.*). *Aquaculture Research*, 42(1): 99-107. DOI:10.1111/j.1365-2109.2010.02574.x
- Da, C.T., Lundh, T. and Lindberg, J.E., 2013.** Digestibility of dietary components and amino acids in animal and plant protein feed ingredients in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 19 (5): 741-750. DOI:10.1111/anu.12021
- Enes, P., Panserat, S., Kaushik, S. and Oliva-Teles, A., 2009.** Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(3): 519-539. DOI:10.1007/s10695-008-9259-5
- Enes, P., Peres, H., Couto, A. and Oliva-Teles, A., 2010.** Growth performance and metabolic utilization of diets including starch, dextrin, maltose or glucose as carbohydrate source by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36(4): 903-910. DOI:10.1007/s10695-009-9366-y
- French, D., 1973.** Chemical and physical properties of starch. *Journal of Animal Science*, 37(4): 1048-1061. DOI:10.2527/jas1973.3741048x
- Hamid, N., Mahayat, M. and Hashim, R., 2011.** Utilization of different carbohydrate sources and starch forms by bagrid catfish (*Mystus nemurus*) (Cuv and Val). *Aquaculture Nutrition*, 17(2): 10-18. DOI:10.1111/j.1365-2095.2009.00713.x
- Hemre, G.I., Mommsen, T. and Krogdahl, Å., 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
- Hung, S.S., Fynn-Aikins, F.K., Lutes, P.B. and Xu, R., 1989.** Ability of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) to utilize different carbohydrate sources.

- Journal of Nutrition*, 119: 727-733.
DOI:10.1093/jn/119.5.727
- Krogdahl, Å., Hemre, G.I. and Mommsen, T., 2005.** Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*, 11(2): 103-122. DOI:10.1111/j.1365-2095.2004.00327.x
- Lanari, D., Poli, B.M., Ballestrazzi, R., Lupi, P., D'Agaro, E. and Mecatti, M., 1999.** The effects of dietary fat and NFE levels on growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). Growth rate, body and fillet composition, carcass traits and nutrient retention efficiency. *Aquaculture*, 179 (1): 351-364. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00170-2
- 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
- Li, J.N., Wang, C.A., Luo, L., Wang, L.S., Xu, Q.Y. and Zhao, Z.G., 2016.** Effects of dietary glucose and starch levels on the growth, haematological indices and hepatic hexokinase and glucokinase mRNA expression of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture nutrition*. *Aquaculture Nutrition*. 22: 550-558. DOI:10.1111/anu.12278
- Manners, D., 1974.** The structure and metabolism of starch. *Essays in biochemistry*, 37 (10): 37-71. DOI:1974; 10:37-71.
- Muñoz-Ramirez, A.P., 2005.** Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887). Master's Thesis, Aquaculture Center, São Paulo State University, Jaboticabal, SP, Brazil.
- NRC (National Research Council), 1993.** Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, 112 pp.
- Planchot, V., Colonna, P. and Buleon, A., 1997.** Enzymatic hydrolysis of α -glucan crystallites. *Carbohydrate Research*, 298(4): 319-326. DOI:10.1016/S0008-6215(96)00317-5
- Ren, M., Habte-Tsion, H.M., Xie, J., Liu, B., Zhou, Q. and Ge, X., 2015.** Effects of dietary carbohydrate source on growth performance, diet digestibility and liver glucose enzyme activity in blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*, 438:75-81. DOI:10.1016/j.aquaculture.2015.01.008
- 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
- 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(1): 61-70. DOI:10.1111/j.1365-2095.2006.00382.x
- Tian, L., Liu, Y., Hung, S., Deng, D., Yang, H., Niu, J. and Liang, G.Y., 2010.** Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(2): 135. DOI: 10.3844/ajabssp.2010.135.142
- Wilson, R.P. and Poe, W.E., 1987.** Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono-and disaccharides as energy sources. *The Journal of Nutrition*, 117 (2): 280-285. DOI:10.1093/jn%2F117.2.280
- Wilson, R., 1994.** Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124 (1): 67-80. DOI:10.1016/0044-8486(94)90363-8
- Worthington, C. C., 1993.** Worthington enzyme manual: enzymes and related biochemicals: Worthington Biochemical Corporation.
- Zhu, H., Jiang, Q., Wang, Q., Yang, J., Dong, S. and Yang, J., 2013.** Effect of Dietary Carbohydrate-to-lipid Ratios on Growth Performance, Body Composition, Hepatic Enzyme Activities, and Digestive Enzyme Activities of Juvenile Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). *Journal of the World Aquaculture Society*, 44: 73-186. DOI:10.1111/jwas.12024

Effect of different dietary carbohydrate source on growth performance, body indices and activity of digestive enzyme (amylase) of *Pangasiandon hypophthalmus*

Asemani M.¹; Sepahdari A.^{1*}; Hafezieh M.¹; Dadgar Sh.¹

*asepahdari@yahoo.com

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

Abstract

In the present study, the effect of seven dietary carbohydrate sources on growth performance, feed utilization and amylase activity of *Pangasiandon hypophthalmus* was evaluated for 12 weeks. Fish subjected to diets containing raw dextrin and potato starch showed a significantly ($p < 0.05$) higher growth rate than those fish consuming other experimental diets, except wheat starch diet. Furthermore, fish fed with wheat and corn starch showed significantly higher ($p < 0.05$) Interaperitoneal fat value than that of fish fed with potato, Alfa and waxy maize starch. Moreover, fish fed with wheat starch had significantly higher ($p < 0.05$) amylase activity than that of those subjected to other experimental diets, except corn and waxy maize diets. Overall, this study showed that the raw forms of dextrin starch and potato were suitable dietary carbohydrate sources for further scientific studies on the carbohydrate utilisation of *P. hypophthalmus*.

Keywords: *Pangasiandon hypophthalmus*, Carbohydrate sources, Growth, Enzyme activity

*Corresponding author