



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 3, 2021, pages: 1-10



Effects of phyzime enzyme in diet on growth performance, survival, digestibility, carcass composition and final production of farmed Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, 1869

Mahmoud Mohseni¹, Sohrab Soltani Toolarud², Hamid Abdollahpour Biria^{2*}

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Guilan, Iran

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

Received 08 May 2021

Revised 01 September 2021

Accepted 11 September 2021

KEYWORDS

Phyzym enzyme
Growth Digestibility
Body composition
Siberian sturgeon

ABSTRACT

An investigation was carried out to find the effects of different Smizyme phytase levels on growth indices, body composition and nutrient digestibility of farmed Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*. One hundred and eighty fish (average weight 1.19 ± 0.017 kg) were distributed in nine concrete tanks (20 fish in each tank; area = 4 m²; depth = 80 cm) and divided to 3 treatments (F₀, F₁₀₀₀ and F₂₀₀₀). Fish were fed for 62 days. Results showed that phyaem addition in 2000 IU (F₂₀₀₀) to sturgeon commercial diet (38% protein and 12.5% crude fat) leads to significant increase in final weight, daily growth rate, specific growth rate and the decreased feed conversion ratio compared to the other two groups ($p < 0.05$). Significant raises in protein and dry matter digestibility were observed in the enzyme-fed fish compared to control diet ($p < 0.05$). However, no significant difference in fat digestibility was observed between experimental treatments ($p > 0.05$). Body protein was declined in F₁₀₀₀ and F₂₀₀₀, while body lipid was elevated in F₂₀₀₀ ($p < 0.05$). The highest body carbohydrates was observed in F₁₀₀₀ ($p < 0.05$), while no significant difference was observed in the fish body moisture fed with different diets ($p > 0.05$). Based on the results obtained from growth indices and digestibility coefficient, we suggest adding 2000 IU/kg Smizyme phytase in the fish diet.

*Corresponding author: Abdollahpour51@yahoo.com



تغذیه آبزیان

سال هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۰، صفحات ۱۰-۱

"مقاله پژوهشی"

تأثیر آنزیم فیزایم (phyzime) جیره بر شاخص های رشد، ترکیب لاشه و قابلیت هضم مواد مغذی تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*)

محمود محسنی^۱، سهراب سلطانی طولارود^۲، حمید عبدالله پور بی ری^{۲*}

۱- انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

کلمات کلیدی

چکیده

آنزیم فیزایم

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آنزیم فیزایم (Smizyme phytase) بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و قابلیت هضم مواد مغذی تاسماهی سبیری پرورشی (*Acipenser baerii*) انجام شد.

رشد

تعداد ۱۸۰ عدد تاسماهی سبیری (۱۷/۰ ± ۱/۱۹ کیلوگرم) با تراکم ۲۰ قطعه در حوضچه‌های بتونی) با مساحت مفید ۴ متر مربع و عمق ۸۰ سانتی‌متر (شامل جیره‌های فاقد آنزیم (شاهد)، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ واحد

قابلیت هضم

بین‌المللی آنزیم فیزایم (تیمارهای F₀، F₁₀₀₀ و F₂₀₀₀) تقسیم شدند. ماهیان به مدت ۶۲ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که استفاده از آنزیم فیزایم به میزان ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی در جیره تجاری ماهیان خاویاری

ترکیب بدن

حاوی ۳۸٪ پروتئین و ۱۲/۵٪ چربی خام موجب افزایش معنی‌دار وزن نهایی، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و کاهش ضریب تبدیل غذایی نسبت به دو گروه دیگر و افزایش معنی‌دار قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک در

Acipenser baerii

ماهیان تغذیه شده با آنزیم در مقایسه با جیره شاهد شد (p < ۰/۰۵)، اما اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم چربی مشاهده نشد (p > ۰/۰۵). پروتئین لاشه در تیمارهای F₁₀₀₀ و F₂₀₀₀ کاهش یافت، در صورتی که میزان

چربی لاشه در F₂₀₀₀ بیشتر بود (p < ۰/۰۵). بیشترین میزان کربوهیدرات لاشه در F₁₀₀₀ مشاهده شد (p < ۰/۰۵)، در صورتی که اختلاف معنی‌داری در رطوبت لاشه تیمارهای مختلف مشاهده نشد (p > ۰/۰۵). بر

اساس نتایج به دست آمده از شاخص‌های رشد و ضریب قابلیت هضم، افزودن مقدار ۲۰۰۰ واحد از آنزیم مورد

نظر به ازای هر کیلوگرم غذای مصرفی پیشنهاد می‌شود.

مقدمه

امروزه عدم اعمال مدیریت اصولی کشورهای اصلی تولید کننده خاویار منجر به کاهش ذخایر طبیعی ماهیان خاویاری شده است، به طوری که بیشتر این ماهیان در فهرست ماهیان در حال انقراض قرار گرفته‌اند. به همین دلیل، ضرورت امکان توسعه پرورش این گروه از ماهیان در بسیاری از کشورها آشکار شده است (Bronzi et al. 2019). تاسماهی سبیری از دهه ۱۹۴۰ به دلیل انعطاف‌پذیری بالا نسبت به شرایط محیطی و پرورشی، رشد سریع و تولید خاویار توجه زیادی را به خود جلب کرده است (FAO, 2012). با توجه به اهمیت این گونه پرورشی در صنعت آبی‌پروری، دستیابی به جیره‌ای با قیمت و ضریب تبدیل غذایی مناسب، ضروری است. در صورتی که اطلاعات در خصوص نیازمندی‌های غذایی در اکثر گونه‌های تاسماهیان اندک است (Hung et al. 2017). پودر ماهی به عنوان یکی از منابع مهم پروتئینی تغذیه آبزبان، حاوی منابع غذایی ضروری شامل اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی و عوامل رشد ناشناخته است (Hardy and Tacon, 2002). استفاده از پودر ماهی به دلیل قیمت بالا، کاهش منابع، مشکلات زیست محیطی و خروجی فسفر به منابع آبی، در حال کاهش است (Bergheim and Sveier, 1995; Jahan et al. 2003). از این رو، منابع پروتئین گیاهی که ثابت و ارزان‌تر نسبت به پودر ماهی هستند، به طور گسترده‌ای در ترکیب با پودر ماهی در جیره‌های غذایی به کار می‌روند. یکی از این منابع گیاهی کنجاله سویا است. استفاده از سویا به جای پودر ماهی به دلیل کمبود متیونین و لایزین و عدم دسترسی به پروتئین آن مشکلاتی را ایجاد کرده است (Mabahinzireki et al. 2001)، اما به دلیل محتوای بالای پروتئین، قابلیت هضم بالا، تعادل مناسب پروفیل اسیدهای آمینه، قیمت مناسب و سهولت دسترسی به این منبع گیاهی، آن را می‌توان به طور گسترده‌ای در جیره غذایی آبزبان استفاده کرد و هزینه تمام شده جیره‌های غذایی را نیز کاهش داد (Storebakken et al. 2000). جیره آبزبانی که بر پایه پروتئین‌های گیاهی هستند، غنی از فسفر بوده، اما ۷۰٪ فسفر در گیاهان به صورت فیتات است که یک عامل ضدتغذیه‌ای در تغذیه ماهیان محسوب می‌شود.

(Cheng et al. 2003) و می‌تواند با پروتئین و ویتامین‌ها تشکیل مجموعه (کمپلکس) نامحلول داده و موجب کاهش کارایی، فعالیت و هضم‌پذیری جیره شود (Liu et al. 2001; Sugiura et al. 1998). فیتاز با نام تجاری فیزایم یک آنزیم ویژه برای هیدرولیز فیتات است. این آنزیم در دستگاه گوارش بسیاری از حیوانات وجود دارد، اما میزان آن به طور طبیعی پایین است (Papatryphon and Sores, 2011)، با وجود این، اضافه کردن فیتاز تجاری (با منشأ خارجی) به جیره موجب هیدرولیز فیتات و از بین رفتن مجموعه فیتات-پروتئین می‌شود و افزایش قابلیت هضم پروتئین سویا را به دنبال دارد. همچنین، استفاده از این آنزیم اشتها را تحریک کرده و رشد را به طور مستقیم از طریق افزایش مصرف غذا افزایش می‌دهد (Hauler and Carter, 1997).

مطالعات زیادی در زمینه استفاده از آنزیم فیتاز در جیره حاوی پروتئین‌های گیاهی در آبزبان صورت گرفته است. فیتین‌زدایی فیتات غذایی توسط فیتاز برون‌زا باعث افزایش استفاده و کارایی پروتئین در ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) (Schäfer et al. 1995)، آزاد ماهی اطلس (*Salmo salar*) (Storebakken et al. 1998)، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Oliva-Teles et al. 1998)، تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Heindl, 2002) و ماهی *pannus* (Debnath et al. 2005b) (*Pangasius pangasius*) از طریق تخریب مجموعه‌های پروتئین-فیتات شده است. همچنین، مطالعات انجام شده توسط توسط اسعدی و همکاران (۱۳۹۰) بر این نکته اذعان داشت که استفاده از فیتاز در جیره غذایی فیل‌ماهی (*Huso huso*) پرورشی موجب افزایش شاخص‌های رشد و ترکیب لاشه در این گونه می‌شود. به همین منظور، مطالعه حاضر در نظر دارد به بررسی اثر آنزیم فیتاز (با نام تجاری فیزایم) بر عملکرد رشد، قابلیت هضم و ترکیب لاشه تاسماهی سبیری بپردازد تا با آگاهی از اثرات آن منجر به افزایش کارایی پروتئین و در نتیجه بهبود رشد و کاهش هزینه جیره مورد استفاده در تغذیه ماهیان پرورشی شود.

مواد و روش‌ها

سپس مقادیر صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ واحد بین المللی آنزیم فیزیایم در حجم‌های مورد نظر در ۵۰ میلی لیتر روغن حل و سپس به غذا افزوده شد (Papatryphon and Sores, 2011) و به این ترتیب سه جیره (تیمار) با نام‌های F₀، F₁₀₀₀ و F₂₀₀₀ ساخته شد. سازگاری به مدت ۲ هفته انجام و سپس ماهیان در طول دوره پرورش به میزان ۱/۵٪ وزن بدن تغذیه شدند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۱). غذادهی در ۳ وعده در هر شبانه‌روز، و زیست‌سنجی به صورت ماهانه انجام شد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۴). پس از ۲۴ ساعت قطع غذادهی و بیهوش شدن ماهیان با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر پودر گل میخک (ایمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۸)، وزن و درازای کل ماهیان با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم و متر با دقت ۱ سانتی‌متر سنجش شد. دوره نوری شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود (Bani et al., 2009).

با انجام زیست‌سنجی‌های یک‌ماهه و با توجه به اطلاعات به دست آمده از طول و وزن ماهیان و تشکیل بانک اطلاعاتی، محاسبات آماری شاخص‌های رشد، تغذیه، هیپاتوسوماتیک و احشایی بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد (فلاحکار، ۱۳۹۴):

شاخص وضعیت (CF) = $100 \times (\text{وزن ماهی}) / (\text{طول کل یا چنگالی})^2$

افزایش وزن (WG) (g) = وزن نهایی (g) - وزن اولیه (g)

افزایش وزن بدن (BWI) (درصد) = $(\text{افزایش وزن (g)} / \text{وزن ابتدایی (g)}) \times 100$

ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز) = $100 \times [(\text{لگاریتم وزن نهایی} - \text{لگاریتم وزن اولیه}) / \text{تعداد روز (زمان)}$

نرخ تبدیل غذایی (FCR) = $\text{غذای خشک مصرفی شده (g)} / \text{افزایش وزن (g)}$.

نرخ کارایی پروتئین (PER) = $\text{وزن تر اضافه شده (افزایش زی توده) (g)} / \text{مقدار پروتئین مصرفی (g)}$

هر مخزن از طریق سیفون کردن جمع‌آوری شد و به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه‌های مدفوع و جیره دارای اکسید کروم به آزمایشگاه ارسال، و مقدار پروتئین، چربی، ماده خشک و خاکستر جیره و نمونه مدفوع ماهیان اندازه‌گیری شد. قابلیت هضم ظاهری (ADC) مواد مغذی (پروتئین و چربی) و انرژی موجود در جیره رفرنس و جیره آزمایشی از معادله زیر به‌دست آمد (Cho et al., 1982):

تاسماهی سبیری از شرکت تعاونی تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری بخشایی کرگانرود تهیه شد. ۱۸۰ عدد تاسماهی سبیری ۱۴ ماهه به ترتیب با متوسط وزن و طول اولیه ۰/۱۷ ± ۱/۱۹ کیلوگرم و ۱/۳۲ ± ۷۰/۴ سانتی‌متر در کارگاه قرق تالش (تالش، گیلان) در ۹ حوضچه بتونی هشت ضلعی نیمه منتظم، با مساحت مفید ۴ متر مربع و عمق ۸۰ سانتی‌متر با عمق مفید آبگیری ۵۰ سانتی‌متر، دبی آب ورودی ۱ لیتر در ثانیه و تراکم ۵ عدد در متر مربع در قالب یک طرح تصادفی شامل ۳ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار پرورش یافتند. میانگین دمای آب ۰/۲ ± ۱۴/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین اکسیژن محلول ۰/۱۱ ± ۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و pH ۰/۱۲ ± ۷/۳ بود. آب مورد نیاز برای پرورش از رودخانه کریم محله پشته (سرچشمه گرفته از کوه‌های تالش) و آب چاه (۷۰٪ آب چاه) تامین شد.

برای تغذیه ماهیان از خوراک فرادانه (فرادانه، شهرکرد) (GFS₃) حاوی ۳۶٪ پروتئین، ۱۱/۵٪ فیبر خام، ۱۶-۱۲٪ چربی خام، ۱۰-۷٪ خاکستر، ۱۱-۶٪ رطوبت و ۱/۵-۱/۱ فسفر استفاده شد. به منظور اطمینان از مخلوط شدن یکنواخت آنزیم فیزیایم در جیره، جیره‌های غذایی پودر و

برای تعیین قابلیت هضم ظاهری، اکسید کروم به جیره‌ها اضافه شد و ماهیان در ۲ هفته آخر آزمایش از جیره‌های حاوی اکسید کروم تغذیه کردند. برای اضافه کردن اکسید کروم، ۰/۵٪ از این ماده در آب مقطر حل، و سپس تا حد ممکن به‌صورت یکنواخت در جیره پخش و مجدداً کل غذا به‌مدت ۲۰ دقیقه با دست هم زده شد. یک ساعت بعد از آخرین وعده غذادهی روزانه، غذای خورده نشده از کف مخزن سیفون شده و از این زمان به بعد مدفوع موجود در

\times درصد مواد مغذی (پروتئین و چربی) در جیره / درصد مواد مغذی موجود در مدفوع) - ۱ = ضریب قابلیت هضم ظاهری
[درصد اکسیدکروم در مدفوع / درصد اکسیدکروم در جیره

نتایج

در مطالعه حاضر افزودن آنزیم تجاری فیزایم موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذا تاسماهیان سبیری در مقایسه با ماهیانی شد که از جیره تجاری فاقد این آنزیم تغذیه کرده بودند. در مطالعه حاضر بیشترین میانگین وزن نهایی در تیمار F2000 مشاهده شد ($0.1 \pm 1/68$ کیلوگرم) که به‌طور معنی‌داری از F0 ($0.06 \pm 1/36$ کیلوگرم) و F1000 ($0.06 \pm 1/52$ کیلوگرم) بیشتر بود ($p < 0.05$). همچنین، نرخ رشد روزانه ماهیان تیمار F2000 به‌طور معنی‌دار بیش از ماهیان تیمار F0 و F1000 بود ($p < 0.05$). در روندی مشابه شاخص رشد ویژه در تیمار F2000 بالاتر از F1000 و F0 بود ($p < 0.05$). اگرچه مقایسه ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبود ($p > 0.05$; جدول ۱)، اما میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار F2000 به‌طور معنی‌دار در مقایسه با تیمارهای F0 و F1000 کاهش یافت ($p < 0.05$; جدول ۱). در طی دوره پرورش تلفاتی مشاهده نشد.

در این مطالعه افزودن آنزیم تجاری فیزایم موجب بهبود قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک جیره‌های غذایی شد ($p < 0.05$). قابلیت هضم پروتئین در تیمارهای F1000 و F2000 ($1/09 \pm 90/46\%$ و $0.12 \pm 91/37\%$) به‌طور معنی‌دار بیش از F0 ($1/13 \pm 87/67\%$; $p < 0.05$) بود. اختلاف معنی‌داری در قابلیت هضم چربی لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$)، اما در روندی مشابه، میزان قابلیت هضم ماده خشک تیمارهای F1000 و F2000 ($1/65 \pm 87/79\%$ و $4/09 \pm 87/88\%$) به‌طور معنی‌دار بیش از F0 بود ($1/37 \pm 82/57\%$; $p < 0.05$).

در این معادله F درصد مواد مغذی (پروتئین، چربی و یا انرژی) موجود در مدفوع، D درصد مواد مغذی (پروتئین و چربی) در جیره و Dcr درصد اکسیدکروم در جیره و Fcr درصد اکسیدکروم در مدفوع است.

در انتهای دوره تغذیه، ۳۰٪ جمعیت ماهیان از هر مخزن انتخاب و به مدت نیم ساعت در محلول گل میخک با دوز ۳۰۰۰ قسمت در میلیون قرار داده شدند. پس از کشته شدن لاشه آنها در یک همزن چرخ و همگن شدند و برای اندازه‌گیری میزان پروتئین، چربی، کربوهیدرات، فیبر، رطوبت و خاکستر به آزمایشگاه ویرومد (رشت، گیلان) ارسال شد.

مقدار رطوبت نمونه، از قرار دادن ۱ گرم از نمونه در دستگاه آون (Memert- BM55 آلمان) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن نمونه به وزن ثابت تعیین شد. 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 شد. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسله (مدل Behr آلمان) و با استفاده از اتر به عنوان حلال انجام شد. کربوهیدرات کل نیز با کسر اعداد حاصل از پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت از عدد ۱۰۰ به دست آمد (AOAC, 1995).

داده‌های کسب شده در نرم‌افزار Excel ثبت شد. سنجش آماری با استفاده از نرم‌افزار (SPSS, Version 24.0, Chicago, USA) انجام شد. نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov و معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه سنجش شد و در صورت مشاهده اختلاف، آزمون چند دامنه‌ای دانکن Duncan برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن برای همه موارد ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۱ شاخص‌های رشد در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف آنزیم فیزایم در جیره پس از ۶۲ روز (میانگین \pm خطای استاندارد).

شاخص های رشد	تیمارهای آزمایشی		شاهد (F ₀)
	۲۰۰۰ واحد (F ₂₀₀₀)	۱۰۰۰ واحد (F ₁₀₀₀)	
وزن اولیه (گرم)	۱۱۸۰ \pm ۲۰	۱۲۱۰ \pm ۰/۵	۱۲۱۰ \pm ۰/۴
وزن نهایی (گرم)	۱۶۸۰ \pm ۱۰ ^a	۱۵۲۰ \pm ۰/۶ ^b	۱۳۶۰ \pm ۰/۶ ^c
افزایش وزن بدن (گرم)	۵۰۰ \pm ۲۰/۲ ^a	۳۲۰ \pm ۲۰/۲ ^b	۱۵۰ \pm ۲۰ ^c
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۲ \pm ۰/۰۷ ^c	۱/۴۲ \pm ۰/۰۹ ^b	۲/۹۱ \pm ۰/۵۱ ^a
شاخص رشد ویژه (% در روز)	۰/۵۹ \pm ۰/۰۶ ^c	۰/۳۹ \pm ۰/۰۳ ^b	۰/۱۹ \pm ۰/۰۳ ^a
نرخ رشد روزانه (%)	۰/۸ \pm ۰/۰۲ ^a	۰/۵۱ \pm ۰/۰۲ ^b	۰/۲۴ \pm ۰/۰۲ ^c
ضریب چاقی	۰/۳۸ \pm ۰/۰۹	۰/۳۸ \pm ۰/۰۱	۰/۴۰ \pm ۰/۰۲

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌های مختلف است ($p < 0.05$).

جدول ۲ قابلیت هضم مواد مغذی در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف آنزیم فیزایم در جیره پس از ۶۲ روز (میانگین \pm خطای استاندارد).

قابلیت هضم (درصد)	تیمارهای آزمایشی		شاهد (F ₀)
	۲۰۰۰ واحد (F ₂₀₀₀)	۱۰۰۰ واحد (F ₁₀₀₀)	
پروتئین	۹۱/۳۷ \pm ۰/۱۲ ^a	۹۰/۴۶ \pm ۱/۰۹ ^a	۸۷/۶۷ \pm ۱/۱۳ ^b
چربی	۹۱/۴۴ \pm ۱/۳۱	۹۰/۸۷ \pm ۱/۴۶	۸۹/۵۹ \pm ۲/۲۹
ماده خشک	۸۷/۸۸ \pm ۴/۰۹ ^a	۸۷/۷۹ \pm ۱/۶۵ ^a	۸۲/۵۷ \pm ۱/۳۷ ^b

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌های مختلف است ($p < 0.05$).

نتایج سنجش لاشه ماهیان در جدول ۳ ارائه شده است. پروتئین لاشه تاسماهی سیبری تغذیه‌شده با جیره F₀ (۰/۰۰ \pm ۰/۱۸/۲۹) به‌طور معنی‌دار بیش از تاسماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی آنزیم‌های تجاری بود، در صورتی که چربی لاشه در تیمار F₂₀₀₀ بیشتر از تاسماهیان دیگر بود (۰/۰۳ \pm ۰/۸/۱؛ $p < 0.05$). اختلاف معنی‌داری در میزان رطوبت و خاکستر ماهیان در تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$).

جدول ۳ ترکیب لاشه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پس از تغذیه با سطوح مختلف آنزیم فیزایم در جیره پس از ۶۲ روز (میانگین \pm خطای استاندارد؛ تعداد برای هر تیمار ۶۰ عدد).

ترکیب لاشه (%)	تیمارهای آزمایشی		شاهد (F ₀)
	۲۰۰۰ واحد (F ₂₀₀₀)	۱۰۰۰ واحد (F ₁₀₀₀)	
پروتئین	۱۶/۸ \pm ۰/۰۰ ^b	۱۶/۵۳ \pm ۰/۰۰ ^b	۱۸/۲۹ \pm ۰/۰۰ ^a
چربی	۸/۱۱ \pm ۰/۰۳ ^a	۵/۹۲ \pm ۰/۱۲ ^b	۶/۱۵ \pm ۰/۱۵ ^b
رطوبت	۷۳/۲۲ \pm ۰/۰۰	۷۴/۲۲ \pm ۰/۰۰	۷۳/۰۴ \pm ۰/۰۰
خاکستر	۱/۰۳ \pm ۰/۰۳	۱/۰۳ \pm ۰/۰۳	۱/۱۳ \pm ۰/۰۳

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌های مختلف است ($p < 0.05$).

بحث

در این مطالعه بیشترین میانگین وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، نرخ رشد روزانه، در تیمار F2000 مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با F0 و F1000 بود. اسید فیتیک منبع اصلی فسفر در گیاهان است و بیش از ۸۰٪ از سه نوع فسفر موجود در گیاهان را شامل می‌شود (Papatryphon and Sores, 2011). اما عملکرد ضدتغذیه‌ای آن به دلیل ایجاد اتصال چهار گانه با پروتئین‌ها و کاتیون‌ها یا مواد معدنی چند ظرفیتی موجب عدم جذب غذا کاملاً مشهود است. کاهش رشد در ماهیان تغذیه شده از سطوح بالای فیتات علل متعددی دارد که می‌توان به کاهش دسترسی زیستی مواد معدنی، از بین رفتن پروتئین قابل هضم به دلیل تشکیل کمپلکس‌های پروتئین-اسید فیتیک و کاهش جذب مواد غذایی به دلیل تخریب بافت زوائد مارپیچی روده ماهیان اشاره کرد (Francis et al. 2001). مطالعات متعدد نشان داده است که افزودن آنزیم فیتاز می‌تواند از طریق عدم امکان اتصال فیتات به مواد معدنی و پروتئین جیره، موجب افزایش هضم فسفر جیره غذایی شود که در نهایت افزایش قابلیت هضم جیره و رشد در ماهی را به دنبال دارد (Palmegiano et al. 2006). مطالعات نشان داده است که در ماهی کاراس (*Carassius carassius*) افزودن مکمل فیتاز به میزان ۵۰۰ FTU (واحد بین المللی) در کیلوگرم جیره توانست قابلیت هضم پروتئین خام را ۶/۱۶٪ بهبود بخشد (Lie et al. 1999). الحاق فیتاز سویا در جیره غذایی آزاد ماهی اطلس باعث بهبود فراسنجه‌های کارایی پروتئین، افزایش قابلیت هضم ظاهری پروتئین و ابقای فسفر شد (Vielma et al. 1998). علاوه بر این، اضافه کردن فیتاز در جیره غذایی کفشک پشت سبز (*Rhombosolea tapirina*) منجر به افزایش قابل توجه هضم نیتروژن، مواد معدنی و رشد شد (Brandson and Carter, 1999). تمامی این موارد با افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد همراه بود که هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر است. در این مطالعه میزان قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک جیره‌های غذایی در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. بازدارنده‌های تریپسین و کیموتریپسین در سویا بر فعالیت

آنزیم‌های تریپسین و کیموتریپسین روده اثر گذاشته و موجب عدم جذب پروتئین و چربی‌ها در جدار روده شده و در نهایت میزان پروتئین و چربی مدفوع افزایش و قابلیت هضم آنها کاهش می‌یابد (Saini, 1989)، در صورتی که اضافه کردن آنزیم‌های فیتاز از طریق شکستن پیوندهای فیتات با اسید آمینه از طریق بهبود راندمان ذخیره و یا جذب اسیدهای آمینه (Biehl and Baker, 1997) موجب افزایش قابلیت هضم پروتئین می‌شوند.

در این مطالعه با افزودن فیتاز به جیره میزان پروتئین، چربی و ماده خشک لاشه افزایش یافت. مطالعات متعدد، اثر مثبت مکمل فیتاز را بر افزایش میزان فسفر قابل دسترس، که موجب ابقای پروتئین و چربی در لاشه می‌شود، نشان داده است (Kumar et al. 2011). در مطالعه‌ای Sajjadi و Carter (۲۰۰۴) گزارش دادند که افزودن فیتاز به میزان ۲۰۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم (جیره غذایی مبتنی بر کنجاله کانولا) در آزاد ماهی اطلس می‌تواند به طور قابل توجهی موجب افزایش قابلیت هضم قابلیت فسفر و ابقای آن در بدن به صورت افزایش پروتئین و چربی شود. نتایج مشابهی توسط Hughes و Soares (۱۹۸۸) در باس مخطط (*Morone saxatilis*) تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر پروتئین گیاهی همراه با مکمل فیتاز به میزان ۲۴۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم گزارش شد. همچنین، گزارش شده است که ترکیبی از آنزیم‌ها از جمله فیتاز به میزان ۲۰۰۰ واحد بین المللی در کیلوگرم در باس دریایی ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) اگرچه تأثیر قابل توجهی بر میزان رشد و ضریب تبدیل خوراک نداشت، اما میزان ابقای فسفر در بدن ماهی را به مقدار قابل توجهی افزایش داد (Ai et al. 2007).

در این آزمایش، بهترین سطح مکمل که موجب افزایش معنی‌دار پروتئین و چربی در لاشه ماهی شده بود، سطح ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی آنزیم فیزایم بود. با توجه به مطالعه حاضر می‌توان اذعان کرد که اضافه نمودن آنزیم فیزایم به جیره‌های حاوی پروتئین گیاهی (کنجاله سویا) اثر معنی‌داری بر روی عملکرد فراسنجه‌های رشد، نسبت به جیره‌های حاوی پروتئین‌ها گیاهی بدون آنزیم دارند. بنابراین، با توجه به این که به منابع پروتئین گیاهی به عنوان

شاخص‌های رشد و برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی آزاد دریای خزر. محیط زیست جانوری ۱۱: ۱۸۶-۱۷۷.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر.، علیزاده، م. ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه تعیین احتیاجات غذایی فیله‌ماهی از مرحله لاروی تا مرحله عرضه به بازار. انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۲۲۴ صفحه.

فلاحکار، ب. ۱۳۹۴. تغذیه و جیره‌نویسی آبزیان، انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، ۳۳۴ ص.

یزدانی ساداتی، م.ح.، محسنی، م.، پورعلی، ح.ر.، شکوریان، م.، پوراسدی، م.، یوسفی، ا.، حلاجیان، ع.، سید حسنی، م.ح.، پوردهقانی، م.، بهمنی، م.، کاظمی، ر. ۱۳۹۱. بررسی امکان تولید مولدین تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) در شرایط آب و هوایی ایران. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۷۷ ص.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995). Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA, 1141p. Aquaculture 184: 115-132.
- Bani, A., Tabarsa, M., Falahatkar, B. 2009. Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon (*Huso huso*). Aquaculture Research 40: 1899-1907.
- Bergheim, A., Sveier, H. 1995. Replacement of fish meal in salmonid diets by soya meal reduces phosphorus excretion. Aquaculture International 3: 265-268.
- Biehl, R.R., Baker, D.H. 1997. Utilization of phytate and nonphytate phosphorus in chicks as affected by source and amount of vitamin D₃. Journal of Animal Science 75: 2986-2993.
- Bransden, M.P., Carter, C.G. 1999. Effect of processing soybean meal on the apparent

نیاز ضروری در جهت توسعه مداوم آبرزی پروری به جهت هزینه کم و در دسترس بودن آن‌ها نگریسته می‌شود، در نهایت، استفاده از ۲۰۰۰ واحد آنزیم فیزایم به ازای هر کیلوگرم غذا با منبع پروتئینی (کنجاله سویا) به دلیل تاثیرات مثبت بروی عملکرد رشد و قابلیت هضم، تولید و ترکیبات لاشه تاسماهی سبیری توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله کمال تشکر را از کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه دست یاری دادند و با کمک‌ها و زحمات بی‌دریغ خود پشتیبان ما بودند، ابراز می‌دارند.

منابع

- اسعدی، ا.، ایمان پور، م.، اصغری، م.، عنایت غلام‌پور، ط. ۱۳۹۰. اثرات جایگزینی تدریجی پودر ماهی با پودر سویا و مکمل آنزیم فیتاز بر قابلیت هضم و ترکیبات عناصر لاشه فیل ماهی جوان (*Huso huso*). دامپزشکی ایران ۸: ۳۷-۲۹.
- ایمان پور، م.، محسنی، م.، کرمی نسب، م. ۱۳۹۸. عملکرد مکمل فیتاز بر جایگزینی پودر ماهی با آرد سویا بر digestibility of practical diets for the greenback flounder *Rhombosolea tapirine* (Gunther). Aquaculture Research 30: 719-723.
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J.T., Wei, Q., Rosenthal, H., Gessner, J. 2019. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. Journal of Applied Ichthyology 35: 257-266.
- Cheng, Z.J.J., Hardy, R.W., Usry, J.L. 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. Aquaculture 218: 553-565.
- Cho, C.Y., Slinger, S.J., Bayley, H.S. 1982. Bioenergetic of salmonid species: energy intake, expenditure and productivity. Comparative Biochemistry and Physiology 37B: 25-41.

- FAO. 2012. Feeding the growth aquaculture sector: An analysis. Sixth Session of the Sub-Committee on Aquaculture. Committee on Fisheries, Cape Town, South Africa.
- Francis, G., Makkar, H.P., Becker, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227.
- Hardy, R.W., Barrows, F.T. 2002. Diet preparation and manufacture. In: Halver J Hardy R (Eds.). *Fish Nutrition*. London, UK, Academic Press Inc., 506-601.
- Hughes, K.P., Soares, J.H. 1998. Efficacy of phytase on phosphorus utilization in practical diets fed to striped bass, *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition* 4: 133-140.
- Hung, S.S. 2017. Recent advances in sturgeon nutrition. *Animal Nutrition* 3: 191-204.
- Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, V., Satoh, S.H. 2003. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. *Fisheries Sciences* 69: 219-225.
- Kumar, V., Sinha, A.K., Makkar, H.P., De Boeck, G., Becker, K. 2012. Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96: 335-364.
- Lie, G.X., Li, X.J., Qiao, Z. G. 1999. Application of phytase in feed industry. *Journal of Guangdong Feed* 12: 36-38.
- Liu, B.L., Rafing, A., Tzeng, Y.M. 1998. The induction and characterization of phytase and beyond. *Enzyme Microbiology Technology* 22: 415-424.
- Mabahinzireki, G.B., Dabrowski, K., Lee, K.J., El-Saidy, D., Wisner, E.R. 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis*) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. *Aquaculture Nutrition* 7: 189-200.
- Palmegiano, G.B., Gai, F., Daprà, F., Gasco, L., Pazzaglia, M., Peiretti, P.G. 2008. Effects of Spirulina and plant oil on the growth and lipid traits of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) fingerlings. *Aquaculture Research* 39: 587-595.
- Paratryphon, E., Soares, J.H. 2001. The effect of phytase on apparent digestibility of four practical plant feedstuffs fed to striped bass, *Morone saxatilis*. *Aquaculture Nutrition* 7: 161-167.
- Saini, H.S. 1989. Legumes seeds oligosaccharides. In: Huisman, J., Van der Poel, T.F.B., Liener, I.E. (Eds.). *Recent Advances of Research in Anti-nutritional Factors in Legume Seeds*. Pudoc. Wageningen, 329-341.
- Sajjadi, M., Carter, C.G. 2004. Dietary phytase supplementation and the utilization of phosphorus by Atlantic salmon, *Salmo salar*, L. fed a canola-meal based diet. *Aquaculture* 240: 417-431.
- Schäfer, A., Koppe, W.M., Meyer-Burgdorff, K.H., Gunter, K.D. 1995. Effects of a microbial phytase on the utilization of native phosphorus by carp in a diet based on soybean meal. *Water Science and Technology* 31: 149-155.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Roem, A.J. 1998. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy-protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 161: 365-379.
- Storebakken, T., Shearer, K.D., Baevefjord, G., Nielsen, B.G., Asgard, T., Scott, T.M., De Laporte, A. 2000. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. *Aquaculture* 184: 115-132.
- Sugiura, S.H., Gabaudan, J., Dong, F.M., Hardy, R.W. 2001. Dietary microbial phytase supplementation and the

utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. Aquaculture Research 32: 583-592.

Vielma, J., Lall, S. P., Koskela, J. 1998: Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 163: 309-323.