"مقاله پژوهشی"

بررسی تغییرات متناوب منبع پروتئین جیره بر رشد، راندمان پروتئین، قابلیت هضم ظاهری و پروفیل اسید آمینه در فیل ماهی (*Huso huso*)

زینب نجفی[1]*، حسین اورجی[1]، سکینه یگانه[1]، ایوب فرهادی[2]

۱-گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲-گروه علوم دامی، دانشگاه علومی کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۷

چکیده

این مطالعه بر روی استفاده از مواد مغذی و عملکرد رشد بچه فیل ماهیان (*Huso huso*) در ۵ برنامه تغذیه‌ای (تیمار ۱ به طور مداوم جیره حاوی پروتئین گیاهی، تیمار ۲ به طور مداوم جیره حاوی پودر ماهی، تیمار ۳ یک روز جیره حاوی پودر ماهی، یک روز جیره حاوی پروتئین گیاهی، تیمار ۴ جیره حاوی پروتئین گیاهی در صبح، جیره حاوی پودر ماهی در عصر و تیمار ۵ جیره حاوی پودر ماهی در صبح، جیره حاوی پروتئین گیاهی در عصر) در سه تکرار (۲۰ عدد ماهی در هر تکرار) تحت شرایط آزمایشگاهی بررسی گردید. نتایج نشان داد که تغذیه مداوم با جیره حاوی پودر ماهی (تیمار ۲) از حداکثر رشد برخوردار بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۴ و ۵ نداشت (p>۰/۰۵). این در حالی است که تغذیه با جیره حاوی پروتئین گیاهی (تیمار ۱) و تغذیه یک روز در میان (تیمار ۳) منجر به کاهش عملکرد رشد ماهی شد (p<۰/۰۵). در مورد قابلیت هضم پروتئین بهترین تیمارها ۲، ۴ و ۵ بودند که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (p>۰/۰۵). بیشترین میزان آرژنین ماهیچه متعلق به تیمارهای ۲، ۴ و ۵ بود که به طور معنی‌داری نسبت به آرژنین ماهیچه ماهیان تغذیه شده با تیمار ۱ و ۳ بالاتر بود (p<۰/۰۵). همچنین بالاترین مقدار گلایسین در تیمار ۵ مشاهده شد که بجز تیمار ۱ با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. در مقادیر سایر اسیدهای آمینه ماهیچه تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج بدست آمده نشان داد که تغییر متناوب منبع پروتئین جیره در طول یک روز (صبح و عصر و برعکس) هیچگونه تاثیر منفی در عملکرد رشد و کارآیی غذا ندارد و در اکثر فاکتورهای تغذیه‌ای با تیمار تغذیه شده با پودر ماهی برابری می‌کند.

کلمات کلیدی: فیل ماهی، عملکرد رشد، برنامه غذایی ترکیبی، پروتئین

* عهده‌دار مکاتبات: najafi_z13@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

مقدمه

ماهیان خاویاری از با ارزشترین ماهیان تجاری دنیا و از ذخایر با اهمیت اقتصادی و اکوبیولوژیک دریای خزر می‌باشند. دریای خزر ۹۳ درصد از ذخیره خاویار و ماهیان خاویاری جهان را در خود جای داده است. متاسفانه آلاینده‌های مختلف به خصوص آلودگی‌های نفتی، سموم، حشره‌کش‌ها و ... حالتهای غیرطبیعی در مورفولوژی اندام‌های داخلی ماهیان ایجاد کرده است (Igor, 2001). ناتوانی در حل مشکلات بوجود آمده در زیستگاه‌های طبیعی این گروه از ماهیان موجب شد که ماهیان خاویاری به صنعت آبزی‌پروری معرفی گردند و بیش از دو دهه است که پرورش ماهیان خاویاری شروع شده و رو به رشد است. در مقایسه با سایر گونه‌های تاس‌ماهیان موجود در منطقه جنوبی خزر، فیل‌ماهی *(Huso huso)* به دلیل بومی بودن، رشد نسبتا سریع، تراکم‌پذیری، مقاومت بالا در برابر تغییرات فیزیکوشیمیایی آب، امکان تولید مثل در شرایط اسارت، تامین لارو و بچه‌ماهی آن با هزینه کمتر، کاندید مناسبی برای تکثیر و پرورش به شمار می‌رود (Mohseni *et al*., 2006). غذا و تغذیه، از مهمترین چالش‌هایی هستند که صنعت آبزی‌پروری با آن مواجه است. یافتن مواد غذایی مناسب از نظر ترکیبات مغذی و نیز ایجاد استراتژی‌های تغذیه‌ای با صرفه‌ی اقتصادی برای گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی از راهکارهای توسعه پایدار این صنعت در آینده است. برای تامین احتیاجات تغذیه‌ای ماهیان پرورشی نیاز به انواع مختلف منابع غذایی است. در این رابطه، پروتئین اصلی‌ترین ماده مغذی در غذای ماهیان است و بیشترین نقش را در رشد و کیفیت ماهی دارد. پودر ماهی به عنوان اصلی ترین منبع پروتئین و با دارا بودن تعادل اسیدهای آمینه مناسب صنعت غذای آبزیان را به خود وابسته کرده است. اما به علت کاهش صید ماهی از دریا و رشد مداوم آبزی‌پروری، به تدریج پودر ماهی به منبع گران قیمتی تبدیل شده است. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که افزایش کارآیی استفاده از پروتئین یکی از مراحل اساسی مورد نیاز جهت توسعه پایدار بخش آبزی‌پروری باشد. برای رفع این وضعیت محققان و تولیدکنندگان غذا با جستجوی منابع پروتئینی جایگزین پودر ماهی در تغذیه آبزیان پیشرفت چشمگیری داشته‌اند. پروتئین در غذای ماهیان احتیاج به جایگزینی دارد، تا بتوان به تولیدات پایدار صنعت آبزی پروری کمک نمود (Hardy, 2008). از این رو، استفاده از پروتئین های گیاهی در جیره آبزیان جهت تولید غذا با قیمت پایین مورد توجه قرار دارد. منابع پروتئین گیاهی می‌تواند، به صورت نسبی یا به طور کامل، جایگزین پودر ماهی در جیره‌ی غذایی آبزیان پرورشی شود، به شرطی که نیاز اسیدهای آمینه‌ی آبزی مورد نظر را تأمین کند و سبب کاهش طعم و خوش خوراکی غذا نشود. همچنین، بایستی مقدار عناصر ضد مغذی منابع گیاهی کاهش یابد (Francis *et al*., 2001). منابع گیاهی به طور گسترده به عنوان جایگزین پودر ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا در مقایسه با پودر ماهی به مقدار زیادی در دسترس هستند (Oliva-Teles *et al*., 2015). با این وجود، در گونه‌های ماهیان گوشتخوار، جایگزینی کامل پودر ماهی هنوز یک چالش است و حذف کامل آن هنوز با کاهش عملکرد رشد و سلامت ماهی همراه است. از جمله مشکلات عمده در مصرف منابع پروتئین گیاهی توسط ماهیان گوشتخوار پایین بودن میزان پروتئین، متعادل نبودن ترکیب آمینواسید و وجود عوامل ضد تغذیه‌ای است (Krogdahl *et al*,.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

2003). عوامل ضد تغذیه‌ای ترکیبات گیاهی توانایی بدن را برای جذب مواد مغذی ضروری کاهش می‌دهند. این مواد ضد تغذیه‌ای زمانی که پایه رژیم غذایی تنها بر غلات و حبوبات استوار باشد، می‌تواند به یک مشکل تبدیل شود. بنابراین اگر در رژیم غذایی وعده‌های متنوع وجود داشته باشد شاید بتوان این کمبودهای ناشی از پروتئین گیاهی را جبران نمود. همچنین یکی دیگر از راه‌های غلبه به این مشکلات، استفاده ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی به عنوان جایگزین بخشی یا جایگزینی کامل به‌جای پودر ماهی توصیه شده است. تلاش‌های قابل توجهی در جهت ارزیابی منابع پروتئینی صورت گرفته است که می‌تواند جایگزین مناسب برای آرد ماهی در جیره‌های فرموله شده را برای ماهیان پرورشی فراهم کند. همچنین برای بهبود کارآیی خوراک خصوصاً کارآیی پروتئین و کاهش هزینه‌های غذا، یکی از روش‌ها ایجاد استراتژی‌های مناسب مدیریت تغذیه است (Abo-Taleb *et al*., 2014). روش‌های مدیریتی و استراتژی‌های تغذیه با هدف بهینه‌سازی مصرف خوراک و کارآیی آن می‌باشد. در این زمینه، استفاده از استراتژی‌های غذایی جیره پایانی (Finishing diet)، تغذیه ترکیبی (Mix feeding) و محرومیت غذایی (feed deprivation) به عنوان راهکار مناسب برای افزایش کارآیی پروتئین در پرورش آبزیان نشان داده شده است (Ali *et al*., 2005; Rodjaroen *et al*., 2020; De Silva, 1985). این استراتژی‌ها می‌توانند باعث ایجاد تغییرات قابل توجهی در فعالیت آنزیم‌های گوارشی و قابلیت هضم برای دستیابی به مواد مغذی مفید برای حمایت از رشد، استفاده از غذا و سایر فرآیندهای فیزیولوژیک شوند (Thongprajukaew and Rodjaroen, 2020). استراتژی تغذیه‌ای ترکیبی برای بهبود عملکرد رشد و کارآیی استفاده از خوراک، کاهش ضایعات پسماندهای خوراک و کاهش هزینه‌های غذا در گونه‌های مختلف ماهیان مورد استفاده قرار گرفت و نتایج خوبی به همراه داشت (Abdel-Tawwab *et al*., 2010). این موضوع ابتدا بر پایه مشاهده تغییرات روزانه قابلیت هضم پروتئین خوراک در ماهی به دنبال یک الگوی تغذیه‌ای مشخص بود. De Silva مشاهده کرد که یک تغییر ریتمیک در قابلیت هضم پروتئین وجود دارد. بر این اساس این فرضیه مطرح شد که تغذیه مداوم با جیره حاوی پروتئین با کمیت و کیفیت بالا ممکن است بی‌فایده باشد زیرا روزهایی که راندمان هضم در ماهی زیاد است دریافت پروتئین نسبتا کم برای برآورده کردن نیازهای ماهی کافی می‌باشد (De Silva *et al*., 1985). با توجه به مطالعات، موضوع جدیدی که توجه تحقیقات اخیر را به خود جلب کرده است، استفاده از برنامه‌های متناوب تغذیه است که در آن منابع پروتئین یا چربی جیره غذایی در بازه‌های زمانی مختلف، متفاوت است (Brown *et al*., 2009). با این حال اطلاعات کمی در خصوص بررسی اثرات تغییرات دوره‌ای منبع پروتئین جیره روی رشد، قابلیت هضم، کارآیی جیره وجود دارد (Thongprajukaew and Rodjaroen, 2020). در میان منابع پروتئینی گیاهی کنجاله سویا (SBM) و گلوتن ذرت (CGM) به عنوان کاندیداهای اصلی جایگزین آرد ماهی در نظر گرفته می‌شوند. گلوتن ذرت دارای ارزش پروتئینی بالا، پروفایل اسیدآمینه قابل قبول است و از نظر تجاری در دسترس می‌باشد (Pereira & Oliva-Teles, 2003). کنجاله‌ی سویا و گلوتن ذرت منابع پروتئینی امیدوار کننده‌ای در ماهیان گوشتخوار هستند، زیرا ترکیب آنها کمبود اسیدهای-

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

آمینه ضروری را جبران می‌کند که منجر به افزایش استفاده و بازده خوراک می‌شود (Santizo-Taan *et al*., 2020). مطالعات نشان دادند، که گلوتن ذرت قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه بالاتری نسبت به سایر اقلام غذایی با منشا گیاهی دارد. این دو ماده غذایی هم از نظر مقدار پروتئین و هم از نظر پروفیل اسیدهای آمینه، در مقایسه با سایر منابع پروتئینی گیاهی وضعیت مطلوبتری دارند و عوامل ضد تغذیه‌ای نیز در آنها کمتر است (Mirzakhani *et al*., 2019). مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی اثرات تغییر دوره‌ای منبع پروتئین جیره در فیل‌ماهی (*H.huso*) برای به حداکثر رساندن تولید انجام شد و همچنین پاسخ به این سوال که آیا تغییر منبع پروتئین جیره تحت تأثیر زمان غذادهی قرارمی‌گیرد.

مواد و روش‌ها

ماهیان و شرایط پرورش

برای انجام این تحقیق ۳۰۰ عدد بچه فیل‌ماهی با میانگین وزن ۴/۱ ± ۸۲/۰۸ گرم، از یکی از مزارع پرورش ماهیان خاویاری (بندر انزلی، استان گیلان) خریداری و به محل انجام آزمایش منتقل گردید. ماهیان در وان‌های پرورشی (۲۰۰ لیتری) به مدت ۱۰ روز با محیط و شرایط جدید عادت دهی شدند. بچه-ماهیان (۲۰ عدد ماهی در هر تکرار) بصورت تصادفی تحت ۵ تیمار با سه تکرار قرارگرفتند. ماهیان به مدت هشت هفته، با جیره‌های آزمایشی روزانه به میزان سیری ظاهری در ۲ نوبت صبح و عصر تغذیه شدند. در هر هفته زیست سنجی صورت‌گرفت. به منظور خارج-کردن فضولات و پسماندهای غذایی روزانه عمل سیفون‌کردن وان‌های پرورشی انجام شد. همچنین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل درجه‌حرارت، pH و اکسیژن محلول به صورت روزانه اندازه‌گیری شد.

غدا و تیماربندی

جهت انجام این تحقیق از دو جیره‌ی غذایی با منبع متفاوت پروتئین (جیره حاوی پودر ماهی و جیره حاوی ترکیب کنجاله سویا و گلوتن ذرت) در برنامه‌های غذایی مختلف استفاده شد. همچنین برای هر تیمار آزمایشی ۳ تکرار در نظر گرفته شد. جیره‌های غذایی به صورت هفتگی آماده‌سازی و در ظروف درب‌دار ریخته و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد. ماهیان بطور مرتب ۲ بار در روز (صبح و عصر) به میزان سیری با جیره‌های مورد نظر تغذیه شدند. تیماربندی آزمایش بر اساس برنامه غذایی ترکیبی صورت گرفت.

تیمارها شامل:

۱) تغذیه از جیره حاوی ترکیب گیاهی به طور مداوم (کنترل منفی)
۲) تغذیه از جیره حاوی پودر ماهی به طور مداوم (کنترل مثبت)
۳) یک روز جیره حاوی پودر ماهی، یک روز جیره حاوی پروتئین گیاهی
۴) صبح جیره حاوی پروتئین گیاهی، عصر جیره حاوی پودر ماهی
۵) صبح جیره حاوی پودر ماهی، عصر جیره حاوی پروتئین گیاهی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

جدول ۱: جیره مورد استفاده در برنامه غذایی ترکیبی فیل ماهی

	جیره حاوی پودر ماهی	جیره حاوی پروتئین گیاهی
اجزاء جیره	درصد	درصد
پودر ماهی	۵۵	۵
پودر گوشت	۵	–
کنجاله سویا	–	۳۶
گلوتن ذرت	–	۳۰
آرد گندم	۲۴	۸
روغن ماهی	۵.۵	۷
روغن سویا	۵.۵	۷
مکمل ویتامینی	۲.۵	۲.۵
مکمل معدنی	۱.۵	۱.۵
مونوکلسیم فسفات	۱	۱.۵
لیزین	–	۱
متیونین	–	۰.۵
ترکیبات بیوشیمیایی جیره		
پروتئین	۴۱/۴۹	۴۱/۳۵
چربی	۱۶/۸۴	۱۵/۵۵
خاکستر	۱۱/۳	۱۰/۸
ماده خشک	۹۱/۶۱	۹۰/۲۶

انرژی قابل هضم جیره حاوی پودر ماهی ۳۸۶۰ کیلوکالری بر کیلوگرم جیره
انرژی قابل هضم جیره حاوی ترکیب گیاهی ۳۷۵۰ کیلو کالری بر کیلوگرم جیره

شاخص‌های رشد

زیست سنجی ماهیان در ابتدا و انتهای دوره به منظور بررسی شاخص‌های رشد ماهیان تیمارهای مختلف طبق روش استاندارد انجام شد. برای این منظور، پس از ۲۴ ساعت قطع غذا، ماهیان پرورشی به کمک پودر گل میخک با دوز $mg\ ml^{-1}$ ۲۰۰ بیهوش شدند. پارامترهای رشد از قبیل افزایش وزن، نرخ رشد روزانه، کارآیی غذا، ضریب تبدیل پروتئین و پروتئین مصرفی محاسبه شد.

وزن اولیه (گرم)- وزن نهایی(گرم)= افزایش وزن (بر حسب گرم)

$$\text{نرخ رشد روزانه} = \frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه}}{\text{تعداد روز}}$$

$$\text{کارایی غذا} = \frac{\text{افزایش وزن}}{\text{غذای مصرفی}} \times ۱۰۰$$

$$\text{تبدیل ضریب پروتئین} = \frac{\text{پروتئین مصرفی}}{\text{وزن افزایش}}$$

درصد پروتئین غذا × غذای مصرفی = پروتئین مصرفی

هضم‌پذیری ظاهری پروتئین

تیمارها برای چهارده روز با غذای حاوی ۰/۵ درصد نشانگر اکسیدکروم غذادهی شدند. برای جمع‌آوری مدفوع به‌منظور محاسبه میزان هضم‌پذیری پروتئین اقدام‌شد. مدفوع ازطریق سیفون‌کردن جداشد. مدفوع بدست‌آمده توسط آون در دمای ۱۰۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده (Anderson *et al.*, 2016) و تا زمان انجام آزمایش هضم‌پذیری ظاهری پروتئین در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد قرارگرفت. برای اندازه‌گیری میزان اکسیدکروم موجود در غذا و مدفوع از روش هضم اسیدی (Furukawa and Tsukahara, 1966) استفاده‌شد. برای تهیه محلول هضم ۲۰۰ میلی‌لیتر اسید پرکلریک، ۱۵۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک، ۱۰ گرم سدیم مولیبدات و ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر با هم ترکیب شدند. نمونه به همراه ۱۵ میلی‌لیتر محلول هضم در داخل لوله هضم قرارگرفته و عملیات هضم در دستگاه با دمای حدود ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. پس از مرحله هضم نمونه با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. بعد از مدت زمان لازم نمونه‌ها

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

بیرون آورده و در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۴۴۰ نانومتر خوانده‌شد.

محاسبه مقدار اکسید کرومیک (میلی‌گرم) موجود در نمونه:

شیب خط استاندارد × ۱۰ × وزن نمونه / جذب نمونه = درصد جذب اکسید کروم

سنجش آمینواسید

به منظور تعیین ترکیب اسیدآمینه، ابتدا نمونه‌ها برای مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از اسیدهیدروکلریک ۶ نرمال هیدرولیز کامل شدند. سپس با استفاده از ماده فتال‌دی‌آلدهید عمل مشتق‌سازی اسیدهای آمینه انجام شد (Antoine *et al,* 1999) میزان اسیدهای آمینه کل با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا مدل کنوئر (آلمان) با استفاده از ستون اسفریکال با آشکارساز فلورسنت (RF-530) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در تیمارهای مورد مطالعه از آزمون Kolmogorov-smirnov استفاده شد. تجزیه تحلیل داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۰ و از آزمون واریانس یک طرفه (One way ANOVA) استفاده گردید. برای مقایسه‌ی تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

در پایان ۸ هفته پرورش، شاخص‌های افزایش وزن و نرخ رشد روزانه ماهیانی که از جیره‌ی ۲ حاوی پودر ماهی تغذیه کرده بودند به طور معنی‌داری از تیمار ۱ و ۳ بالاتر بود ($p<۰/۰۵$) اما با تیمارهای ۴ و ۵ تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). مقدار کارایی غذا در تیمارهای ۲، ۴ و ۵ به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). همچنین ضریب تبدیل پروتئین و مقدار پروتئین مصرفی در تیمار ۱ بیشتر از سایر تیمارها بود و اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($p<۰/۰۵$). در مورد بازماندگی بین تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

مقادیر متوسط قابلیت هضم ظاهری پروتئین، چربی و ماده خشک فیل‌ماهی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در جدول نشان داده شده است. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۲ بالاتر بود که بجز تیمارهای ۴ و ۵ با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). در مورد قابلیت هضم پروتئین بهترین تیمارها ۲، ۴ و ۵ بودند که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). هیچ تفاوت معنی‌داری در قابلیت هضم چربی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

در جدول ۴ نتایج مربوط به تاثیر تغذیه ترکیبی بر میزان اسیدهای آمینه عضله فیل‌ماهی نشان داده شده است. بیشترین میزان آرژنین ماهیچه متعلق به تیمارهای ۲، ۴ و ۵ بود که به طور معنی‌داری نسبت به آرژنین ماهیچه ماهیان تغذیه شده با تیمار ۱ و ۳ بالاتر بود ($p<0/05$). همچنین بالاترین مقدار گلایسین در تیمار ۵ مشاهده شد که بجز تیمار ۱ با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. در مقادیر سایر اسیدهای آمینه ماهیچه تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

جدول۲: بررسی شاخص‌های رشد فیل ماهی تغذیه شده با برنامه غذایی ترکیبی

شاخص	تیمار۱ (گیاهی)	تیمار۲ (جانوری)	تیمار۳ (۱روز گیاهی،۱روز جانوری)	تیمار۴ (صبح گیاهی، عصر جانوری)	تیمار۵ (صبح جانوری، عصر گیاهی)
وزن اولیه (گرم)	۸۳/۵۷ ± ۳/۱۸	۸۱/۶۶ ± ۴/۰۹	۸۰/۸۵ ± ۱/۷۳	۸۴/۹۵ ± ۷/۴۹	۸۰/۵۷ ± ۲/۴۳
افزایش وزن (گرم)	۱۴۴/۴ ± ۱۲/۴^{b}	۱۷۴/۹۷ ± ۲/۴۱^{a}	۱۴۹/۷۸ ± ۰/۸۳^{ab}	۱۵۹/۶۲ ± ۱۵/۱۴^{ab}	۱۶۱/۳۳ ± ۷/۰۱^{ab}
نرخ رشد روزانه	۲/۵۸ ± ۰/۲۱^{b}	۳/۱۲ ± ۰/۰۴^{a}	۲/۶۷ ± ۰/۰۱^{b}	۲/۸۵ ± ۰/۲۶^{ab}	۲/۸۸ ± ۰/۱۳^{ab}
کارایی غذا	۸۲/۹۷ ± ۶/۱۴^{c}	۱۳۰/۹۳ ± ۱۲/۰۳^{a}	۹۷/۸۳ ± ۴/۲۲^{b}	۱۲۸/۲ ± ۷/۰۶^{a}	۱۳۴/۷۳ ± ۴/۴۸^{a}
ضریب تبدیل پروتئین	۰/۴۸ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۳ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۴۱ ± ۰/۰۲^{b}	۰/۳۱ ± ۰/۰۱^{c}	۰/۳ ± ۰/۰۱^{c}
پروتئین مصرفی	۶۹/۶ ± ۲/۶۲^{a}	۵۳/۷ ± ۳/۹۳^{c}	۶۱/۳ ± ۲/۷^{b}	۴۹/۷۴ ± ۲/۵۹^{c}	۴۷/۹۳ ± ۲/۸^{c}
بازماندگی(درصد)	۹۵ ± ۵	۹۶/۶۷ ± ۵/۷۷	۹۸/۳۳ ± ۲/۸۸	۱۰۰	۹۸/۳۳ ± ۲/۸۸

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($p<0/05$)

جدول ۳: بررسی قابلیت هضم ظاهری فیل ماهی تغذیه شده با برنامه غذایی ترکیبی

شاخص (درصد)	تیمار۱ (گیاهی)	تیمار۲ (جانوری)	تیمار۳ (۱روز گیاهی،۱روز جانوری)	تیمار۴ (صبح گیاهی، عصر جانوری)	تیمار۵ (صبح جانوری، عصر گیاهی)
ماده خشک	۸۳/۷ ± ۱/۸۳^{c}	۸۹/۲۲ ± ۱/۳۰^{a}	۸۵/۳۳ ± ۰/۹۴^{bc}	۸۸/۴۶ ± ۱/۱۲^{ab}	۸۷/۲۷ ± ۲/۴۳^{ab}
پروتئین	۸۷/۶۰ ± ۰/۹^{ab}	۸۹/۹ ± ۱/۰۹^{a}	۸۷/۷۵ ± ۱/۷۲^{ab}	۸۹/۲۷ ± ۱/۴۹^{a}	۸۹/۵۶ ± ۱/۸^{a}
چربی	۸۴/۶۱ ± ۱/۲۸	۸۶/۷ ± ۰/۴۷	۸۵/۳۲ ± ۰/۷۹	۸۶/۲۸ ± ۰/۵۴	۸۷/۱۴ ± ۱/۲۲

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها است ($p<0/05$)

جدول ۴: بررسی مقادیر اسید آمینه عضله فیل‌ماهی تغذیه شده با برنامه غذایی ترکیبی

شاخص	تیمار۱ (گیاهی)	تیمار۲ (جانوری)	تیمار۳ (۱روز گیاهی،۱روز جانوری)	تیمار۴ (صبح گیاهی، عصر جانوری)	تیمار۵ (صبح جانوری، عصر گیاهی)
آرژنین	۷/۱۱ ± ۰/۰۶^{b}	۸/۳۳ ± ۰/۱۲^{a}	۷/۶۴ ± ۰/۱۷^{b}	۸/۱۶ ± ۰/۰۸^{a}	۸/۱۲ ± ۰/۱۵^{a}
گلایسین	۲/۹۴ ± ۰/۱۲^{b}	۳/۲۷ ± ۰/۱۱^{ab}	۳/۲۵ ± ۰/۲۶^{ab}	۳/۲۶ ± ۰/۱۳^{ab}	۳/۴۳ ± ۰/۲۸^{a}
سرین	۶/۱۵ ± ۰/۳۲	۶/۱۱ ± ۰/۱	۶/۰۲ ± ۰/۱۴	۶/۱۶ ± ۰/۱۹	۶/۰۸ ± ۰/۳۴
هیستیدین	۵/۲۹ ± ۰/۱۸	۵/۲۱ ± ۰/۳۷	۵/۱۵ ± ۰/۵۵	۵/۲۱ ± ۰/۱۵	۴/۹۵ ± ۰/۴۵
ایزولوسین	۶/۵۹ ± ۰/۳۷	۶/۴ ± ۰/۲۷	۶/۴۸ ± ۰/۱۸	۶/۳ ± ۰/۳۷	۶/۳۵ ± ۰/۴۵
لوسین	۱۰/۱۴ ± ۰/۱۴	۱۰/۱ ± ۰/۳۶	۹/۹۲ ± ۰/۳۲	۱۰/۰۵ ± ۰/۱۸	۱۰/۳ ± ۰/۱۶
لیزین	۲ ± ۰/۱	۲/۲۴ ± ۰/۰۹	۲/۲۵ ± ۰/۱۵	۲/۱۸ ± ۰/۱۸	۲/۲۲ ± ۰/۲
متیونین	۴/۰۹ ± ۰/۰۷	۴/۱۶ ± ۰/۰۸	۴/۲۹ ± ۰/۱۵	۴/۱۶ ± ۰/۳	۴/۲۲ ± ۰/۲۵
فنیل‌آلانین	۳/۹۶ ± ۰/۴۷	۴/۲۵ ± ۰/۱۲	۴/۱۳ ± ۰/۱۳	۴/۰۱ ± ۰/۴	۴/۲ ± ۰/۳۴
تیروزین	۱/۳۹ ± ۰/۲	۱/۲۹ ± ۰/۲	۱/۳۴ ± ۰/۳۱	۱/۱۸ ± ۰/۲	۱/۲۳ ± ۰/۱۸
ترئونین	۷/۳۱ ± ۰/۲	۷/۱۹ ± ۰/۱۵	۷/۱۷ ± ۰/۴	۷/۱ ± ۰/۰۹	۷/۰۸ ± ۰/۵۲
تریپتوفان	۰/۶۴ ± ۰/۱۴	۰/۴۷ ± ۰/۱۸	۰/۴۵ ± ۰/۰۸	۰/۵ ± ۰/۱۴	۰/۴۵ ± ۰/۱۲
والین	۵/۶۱ ± ۰/۱۳	۵/۳۶ ± ۰/۵۶	۵/۲۶ ± ۰/۲۵	۵/۴۵ ± ۰/۲۱	۵/۲۶ ± ۰/۳۷

حروف متفاوت در هر ردیف نشاندهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها است ($p<0/05$)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

بحث

نتایج آزمایش تغذیه‌ای حاضر نشان داد، تقریبا تمام فاکتورهای رشد تحت تاثیر تغییر دوره‌ای منبع پروتئین قرارگرفتند. بیشترین میزان عملکرد رشد در مطالعه‌ی حاضر مربوط به ماهیانی که تیمار ۲ بود که جیره حاوی آرد ماهی دریافت کرده بودند که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴ و ۵ که برنامه تغذیه ترکیبی صبح و عصر را دریافت کردند نشان نداد. مطالعات قبلی روی گونه‌های مختلف ماهیان، روی تغییر دوره‌ای سطح پروتئین در یک برنامه غذایی ترکیبی تمرکز داشته که منجر به رشد بیشتر شد و این به عنوان یک استراتژی ممکن برای کاهش هزینه‌های خوراک در نظر گرفته می‌شود (Ali *et al*., 2005). با این حال مطالعه‌ای در خصوص تغییر دوره‌ای منبع پروتئین جیره روی عملکرد فیل‌ماهی گزارش نشده است. براساس شواهد، متابولیسم ماهی در حالت ثابتی نیست و در طول زمان تحت تاثیر محرک‌های درونی و بیرونی تغییر می‌کند (Brown et al., 2009).

De Silva و Perera (۱۹۸۴)، به نوع تغییر ریتمیک را در قابلیت هضم پروتئین در ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) مشاهده کردند. بر اساس این مشاهدات، فرض شد که تغذیه مداوم با جیره دارای سطح پروتئین بالا ممکن است بیهوده باشد، زیرا زمانی که راندمان هضم پروتئین در ماهی بالا است دریافت پروتئین نسبتا کمتر هم برای برآورده کردن نیاز پروتئینی ماهی کافی است و بالعکس. به نظر می آید این مطلب در مورد کیفیت پروتئین نیز صادق باشد یعنی زمانی که راندمان هضم پروتئن بالا باشد دریافت پروتئین با کیفیت پایین‌تر هم می تواند نیاز پروتئینی ماهی را تامین کند. همچنین، De Silva (۱۹۸۵) در مطالعه‌ای نشان داد که برنامه تغذیه ترکیبی که در آن جیره حاوی سطح بالای پروتئین به طور متناوب (یکی در میان) با جیره حاوی سطح پایین پروتئین جایگزین می‌شود، در مقایسه با تغذیه مداوم ماهی تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) با جیره‌ی حاوی سطح بالای پروتئین از نظر رشد و استفاده از مواد مغذی کارآمدتر است. هدف مطالعه حاضر این بود که اگر ماهی از یک رژیم غذایی فاقد پودر ماهی و حاوی پودر گیاهی در زمانی از روز که کاتابولیسم نسبت به آنابولیسم غالب است و برعکس، تغذیه کند نیاز پروتئینی و اسیدهای آمینه آن تامین می‌شود. در این مطالعه تیمار ۲ بالاترین میزان را برای اکثر پارامترها ثبت کرد و تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴ و ۵ نشان نداد. همچنین در بین تیمارهایی که از برنامه غذایی ترکیبی استفاده کردند بیشترین میزان وزن نهایی مربوط به تیمارهای ۴ و ۵ بود که برنامه تغذیه ترکیبی را به صورت صبح و عصر دریافت کردند و کمترین آن مربوط به تیمار ۳ (یک روز جیره جانوری، یک روز گیاهی) بود. بنابراین برنامه غذایی یک روز درمیان هیچ تاثیری در عملکرد رشد فیل ماهی در مقایسه با تغذیه دائم با جیره با کیفیت بالا نداشت. نتایج حاضر با داده‌های Suloma و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد، آنها بالاترین مقدار عملکرد رشد را در تیمار شاهد و کمترین پاسخ رشد را در تیماری که از جیره سطح بالا و پایین پروتئین به صورت یک روز در میان تغذیه کرده بود مشاهده کردند. در مقابل، مطالعات دیگری نیز تأثیر مثبت برنامه‌های تغذیه روزانه را بر عملکرد رشد و راندمان غذا در مقایسه با تغذیه ماهی با جیره‌های پروتئینی معمولی گزارش کردند. مطابق با این الگو، ماهی تیلاپیا نیل که به طور مداوم با رژیم غذایی با پروتئین بالا تغذیه می‌شد، در مقایسه با

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

ماهی‌هایی که به صورت یک روز در میان با رژیم غذایی پروتئین بالا و پایین تغذیه می‌شدند، از نظر رشد و مواد مغذی کارآیی کمتری داشتند (De Silva, 1985). Suloma و همکاران (۲۰۱۷) در آزمایشی دیگر بیان کردند که در برنامه غذایی ترکیبی بهترین وزن نهایی مربوط به ماهیان تیلاپیایی بود که جیره سطح پایین و بالای پروتئین را به طور متناوب در صبح و عصر دریافت کرده بودند و علت احتمالی این نتایج را اینگونه بیان کردند که ماهی بین وعده غذایی عصر تا صبح روز بعد به مدت ۱۶ ساعت در معرض گرسنگی قرار می‌گیرد، بنابراین، تغذیه با یک رژیم غذایی با پروتئین پایین بعد از دوره گرسنگی شاید کارآیی حفظ مواد مغذی را بهینه کند. Suloma و همکاران (۲۰۱۷) همچنین بیان کردند که ماهی تیلاپیا از جیره حاوی سطح بالای پروتئین در زمان عصر به طور موثرتری نسبت به صبح استفاده می‌کند. این نتایج را می‌توان اینگونه توضیح داد که به دلیل فعالیت کم ماهی در بعدازظهر، همچنین با پر بودن معده و فعالیت بالای آنزیم‌های هضمی در نتیجه تقسیم منابع مغذی به سمت رشد سوماتیک هدایت می‌شوند (Heilman and Spieler, 1999). همانطور که ذکر شد در مطالعه حاضر تغییری در میزان فاکتورهای رشد بین تیمارهای صبح و عصر مشاهده نشد که می‌تواند به این دلیل باشد که در این مطالعه سطح پروتئین غذا یکسان است و تغییر منبع پروتئین جیره تحت تاثیر زمان غذادهی (صبح و عصر) قرارنگرفت. همچنین در مقایسه با تیمار یک روز درمیان به نظر می‌رسد که فیل ماهی توانایی حفظ و استفاده از پروتئین جیره با کیفیت پایین‌تر را برای ۱۲ ساعت بیشتر از ۲۴ ساعت دارد. در ماهیان استفاده از گلیکوژن، لیپید و پروتئین برای بدست آوردن انرژی در طول دوره‌ی محدودیت غذایی متغییر است (Hilton, 1982). پژوهشگران پروتئین را آخرین سوخت در دوران محرومیت معرفی می‌کنند (Hervant *et al*., 2001) به طور کلی به نظر می‌رسد تاس ماهیان از منابع پروتئین به عنوان سومین ذخیره انرژی بعد از گلیکوژن و چربی استفاده می‌کنند (Hung *et al*., 1997). همچنین قدمت طولانی تاس ماهیان این امکان را فراهم کرده که مقاومت بالاتری نسبت به شرایط نامطلوب نشان دهند و قادر به تنظیم متابولیک در دوره‌های محرومیت باشند. بنابراین می‌توان گفت محرومیت پروتئینی در برنامه غذایی ترکیبی با تغییر منبع پروتئین جیره به صورت روزانه (صبح و عصر) هیچگونه اثر منفی در فیل ماهی نداشته و این استراتژی را می‌توان برای فیل ماهی امیدوار کننده دانست.

در مطالعه حاضر رشد و تولید پایین در بچه فیل-ماهیانی که در کل دوره از جیره حاوی پروتئین گیاهی (تیمار ۱) تغذیه شدند، احتمالا به علت دریافت ناکافی پروتئین از جیره است. دلیل کاهش رشد ماهی‌های تغذیه شده با جیره‌ی غذایی حاوی پروتئین گیاهی در مقایسه با جیره غذایی مبتنی بر پودر ماهی و جیره‌های غذایی ترکیبی، ممکن است کاهش کیفیت پروتئین جیره، قابلیت هضم کمتر مواد مغذی، کربوهیدرات بالا و فاکتورهای ضد تغذیه‌ای سویا باشد (Francis *et al*,. 2001).

نتایج مطالعه حاضر بیشترین هضم‌پذیری ماده خشک را در تیمار ۲ که با جیره پودر ماهی تغذیه شده بود نشان داد که با تیمارهای ۴ و ۵ اختلاف معنی‌داری نداشت که این نتیجه مثبت می‌تواند نشانه کاهش مواد جامد دفعی در آب باشد. همچنین بیشترین هضم‌پذیری پروتئین در تیمارهای ۲، ۴ و ۵ بود. همسو با تحقیق

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

حاضر، Mirzakhani و همکاران (۲۰۱۹) بهترین قابلیت هضم را در تاس ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) در تیمار تغذیه شده با پودر ماهی مشاهده کردند و همچنین تیمار تغذیه شده با گلوتن ذرت در رتبه بعدی قرارداشت. ظهور فاکتورهای ضد تغذیه در پروتئین گیاهی دستکاری نشده می تواند قابلیت هضم مواد غذایی را به ویژه برای پروتئین‌ها کاهش دهد. مواد ضد مغذی موجود (مانند اسید فیتیک، بازدارنده تریپسین، لکتین ها، ساپونین ها، گلوکوزینولات ها و فیبر) می توانند با ایجاد ترکیبات پیچیده با پروتئین‌ها قابلیت هضم پروتئین را کاهش دهند (Ma *et al*., 2013). پروتئین نیاز بدن به اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری برای سنتز پروتئین را تامین می‌کند. زمانیکه یک اسید آمینه ضروری در جیره وجود نداشته باشد، آن اسید آمینه به عنوان اسید آمینه محدود کننده مطرح شده و سنتز پروتئین با مشکل روبرو می‌شود. بیشترین مقدار اسید آمینه ضروری مربوط به آرژنین در تیمارهای ۲، ۴ و ۵ بود که مطابق با نتایج Mirzakhani و همکاران (۲۰۱۹) و Chi و همکاران (۲۰۱۷) است. آرژنین از اسیدهای آمینه ضروری و مهم است که برای سنتز پروتئین و گلوتامات بکار گرفته می‌شود و در بافت ماهی وجود دارد (Liu *et al*., 2009). بالاترین مقدار گلایسین در تیمار ۵ مشاهده شد که بجز تیمار ۱ با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. در مقادیر سایر اسیدهای آمینه ماهیچه تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این تحقیق نشان داد که سطح مناسبی از اسیدهای آمینه (بویژه لیزین و متیونین) در جیره‌ها وجود داشت.

نتایج مطالعه اخیر نشان داد، تغییر متناوب منبع پروتئین جیره در طول یک روز (صبح و عصر و برعکس) هیچگونه تاثیر منفی در عملکرد رشد و کارآیی غذا ندارد و در اکثر فاکتورهای تغذیه‌ای با تیمار تغذیه شده با پودر ماهی برابری می‌کند.و این استراتژی می‌تواند کمک شایانی به توسعه پایدار آبزی پروری نماید.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر نماییم.

منابع

1. Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Khattab, Y.A.E. and Shalaby, A.M.E., 2010. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 298, 267-274.
2. Abo-Taleb, M., El-Sherbiny, M., Elnady, M., Hassanien, H., Suloma, A., et al., 2014. Combined effects of periphyton substrate and alternate day feeding strategy on growth performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. under green water tank culture. Egyptian. Aquaculture, 4, 13-26.
3. Ali, M.Z., Hossain, M.A., Mazid. M.A., 2005. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth of sutchi catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage) with silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) in ponds. Aquaculture Research, 36, 627-634.
4. Antoine, F.R., Wei, C.I., Littell, R.C., Marshall, M.R., 1999. HPLC method for analysis of free amino acids in fish using o-Phthaldialdehyde precolumn derivatization. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 5100–5107.
5. AOAC., 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

Analytical Chemists. (17 ed.) Gaithersburg, Maryland, USA.
6. Andersen, S. M., Waagbo, R., Espe, M., 2016. Functional amino acids in fish health and welfare. Frontiers in Bioscience, 8, 143-169.
7. Brown, D.T., Francis, S.D., Turchini, M.G., 2009. Can dietary lipid source circadian alternation improve omega-3 deposition in rainbow trout. Aquaculture, 300, 148–155.
8. Chi, S., Wang, W., Tan, B., Dong, X., Yang, Q., Liu, H. and Zhang, S., 2017. The apparent digestibility coefficients of 13 selected animal feedstuff for Cobia, *Rachycentron canadum*. Journal of the World Aquaculture Society, 48(2), 280-289.
9. De Silva, S.S., Perera M.K. 1984. Digestibility in Sarotherodon niloticus fry: Effect of dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility. Aquaculture Fish Management, 22, 397-403.
10. De Silva, S.S., 1985. Performance of *Oreochromis niloticus* (L.) fry maintained on mixed feeding schedules of differing protein content. Aquaculture Fish., 16, 331-340.
11. Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199, 197–227.
12. Furukawa, A., Tsukahara, H., 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic acid as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 32, 502-506.
13. Hardy, R.W., 2008. Utilization of plant proteins in fish diets; effects of global demand and supplies of grains and oilseeds. Proceedings of the Aquaculture Europe, Krakow, Poland. pp: 5–8.
14. Heilman, MJ., Spieler, R.E., 1999. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. Aquaculture, 180: 53-64.
15. Hervant, F., Meathieu, J. and Durand, J., 2001. Behavioural, physiological and metabolic responses to long-term starvation and refeeding in a blind cave-dwelling (*Proteus anguinus*) and a surface-dwelling (*Euproctus asper*) salamander. Journal of Experimental Biology, 204, 269-281.
16. Hilton, J.W., 1982. The effect of pre-fasting diet and water temperature on liver glycogen and liver weight in rainbow trout, Salmo gairdneri Richardson, during fasting. Journal of Fish Biology, 20, 69-78.
17. Hung, S.S., Liu, W., Li, H., Storebakken, T. and Cui, Y., 1997. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture, 151, 357-363.
18. Igor, M., 2001. Pollution impact to fish from north Caspian Sea institute of zoology. Tethys scientific society. Alathy, Kazakstan, pp. 112.
19. Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A.M., and BaeverFjord, G., 2003. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal struc-ture, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutrition, 9, 361-371.
20. Liu, H., Wu, X., Zhao, W., Xue, M., Guo, L., Zheng, Y. and Yu, Y., 2009. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), compared by two chromic oxide analyses methods. Aquaculture Nutrition, 15(6), 650–656.
21. Ma Y.S., Wang L.T., Sun X.H., Ma B.C., Zhang J.W., Gao F.Q. and Liu C.L., 2013. Study on hydrolysis conditions of flavourzyme in soybean polypeptide alcalase hydrolysate. Advance Maternal Research, 652, 435–438.
22. Mirzakhani, M.K., Abedian Kenari, A., Motamedzadegan A. and Banavreh, A., 2019. Apparent digestibility coefficients of crude protein, amino acids, crude lipid, dry matter and gross energy of ten feedstuffs for yearling Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt 1869). Iranian Journal of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

Fisheries Sciences, 19(3), 1500-1516.
23. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahmani, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R., Salehpour, M., 2006. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon (*Huso huso*). Journal of Applied Ichthyology, 22, 278-282.
24. Oliva-Teles, A., Enes, P and Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. In: Davis DA (ed) Feed and feeding practice in aquaculture. Woodhead Publishing, Cambridge, pp 203–233.
25. Pereira, T. G., & Oliva-Teles, A., 2003. Evaluation of corn gluten meal as protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus auarata L*) juveniles. Aquaculture Research, 1111–1117.
26. Rodjaroen, S., Thongprajukaew, K., Jaihao, P., Saekhow, S and Nuntapong, S. 2020. Mixed feeding schedules switching between dietary crude protein levels for mono-sex male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture reports, 18. Article 100509.
27. Santizo-Taan, R., Haga, Y., Satoh, S.H., 2020. Utilization of combined extruded soybean and corn gluten meals as feed ingredients for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* diet. Aquaculture research, 19H03047.
28. Suloma, A., El-Husseiny, O., El-Haroun, E., Salim, H., Tahoun, A.M., 2017. Re-evaluation of the effect of daily and within-day mixed feeding schedules of varying dietary protein content on the growth performance of Nile tilapia fry using constant ingredient composition. Aquaculture Research. Dev., S2, Article 009.
29. Thongprajukaew, K and Rodjaroen, S., 2020. The optimal period for changing the feeding regime of mono-sex male Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Report, 17. Article 100392.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

Effects of alternative changes of dietary protein source on growth, protein efficiency, digestibility and amino acid profile in Bluga (*Huso huso*)

Najafi, Z.[1*], Ouraji, H.[1], Yegane, S.[1], Farhadi, A.[2]

1- Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University (SUNRU), Sari, Iran.
2- Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University (SUNRU), Sari, Iran.

Received: 2 May 2023 **Accepted: 18 July 2023**

Abstract

Studies on nutrient utilization and growth performance of Bluga (*Huso huso*) raised on five feeding schedules (treatment 1 continuously fed plant protein diet, treatment 2 continuously fed fish meal diet, treatment 3 alternate feeding of a 1-day plant protein diet; followed by a 1-day fish meal diet, treatment 4 plant protein diet in the morning fallowed by fish meal diet in the afternoon and treatment 5 fish meal diet in the morning followed by plant protein diet in the afternoon) in 3 replication (20 fish in each repetition) under laboratory conditions showed that continuous feeding with Fish meal diet (treatment 2) resulted in maximum growth, which was not significantly different from treatments 4 and 5 (p<0.05). While feeding with plant protein diet (treatment 1) and feeding every other day (treatment 3) led to a decrease in fish growth performance (p<0.05). In terms of protein digestibility, the best treatments were 2, 4 and 5, which did not show any significant difference with other treatments (p<0.05). The highest amount of muscle arginine belonged to treatments 2, 4 and 5, which was significantly higher than muscle arginine of fish fed with treatments 1 and 3 (p<0.05). Also, the highest amount of glycine was observed in treatment 5, which was not significantly different from other treatments except treatment 1. No significant difference was observed in the amounts of other muscle amino acids of the experimental treatments (p<0.05). The obtained results showed that the alternating change of the dietary protein source during one day (morning and evening and vice versa) does not have any negative effect on the growth performance and feed efficiency, and in most of the nutritional factors, it is equal to the treatment fed with fish meal.

Keywords: Bluga, growth performance, mixed feeding schedule, protein.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-819]

[*] Corresponding Author: *najafi_z13@yahoo.com*