مقاله علمی – پژوهشی:

ارزیابی تأثیر جایگزینی تلفیقی پروتئین‌های گیاهی و جانوری به جای پودر ماهی بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و شاخص‌های سوماتیک بدنی فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی

میرحامد سیدحسنی*[۱]، میر مسعود سجادی[۲]، بهرام فلاحتکار[۲]، ایوب یوسفی[۱]، علی حلاجیان[۱]،علی حسین‌پور زلتی[۱]، محمود محسنی[۱]، رضا قربانی[۱]

*mirhamedhassani@yahoo.com

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

۲ -گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

به منظور کاهش سهم پودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی، ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری شامل پودر ضایعات مرغ، گلوتن ذرت، گلوتن گندم، پودر سویای فرآوری شده، پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون ساخته شد که از لحاظ ترکیب شیمیایی حاوی پروتئین، چربی، کربوهیدرات و ماده خشک) و پروفایل آمینواسید مشابه پودر ماهی بود و در سطوح جایگزینی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد (MPP_{20}، MPP_{40}، MPP_{60} و MPP_{80}) جایگزین پودر ماهی (FM) در جیره‌هایی با سطوح یکسان پروتئین (۴۴ درصد) و انرژی (۱۸ مگاژول/کیلوگرم) گردید. در مطالعه حاضر، ۱۵۰ عدد فیل ماهی در ۵ تیمار (هر تیمار دارای سه تکرار) با میانگین وزن ۶/۵±۱۶۷ گرم در یک طرح بلوک تصادفی در ۱۵وان فایبرگلاس نیم‌تنی، بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار آماری توزیع ($p>0/05$) و از جیره‌های مزبور تا حد سیری تغذیه شدند و شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی در آنها مورد مطالعه قرار گرفتند. در پایان دوره تغذیه نتایج حاکی از آن بود که شاخص‌های رشد از جیره‌های مختلف غذایی تاثیر نپذیرفته است و اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های وزن نهایی، طول نهایی، ضریب چاقی، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، رشد روزانه، ضریب تبدیل و کارایی غذا و نسبت بازده پروتئین مشاهده نشد ($p>0/05$). اما میزان پروتئین و چربی لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره MPP_{60} و MPP_{80} به‌ترتیب در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی پودر ماهی به طور معنی‌داری کاهش و افزایش یافتند ($p<0/05$). در این بررسی اختلاف معنی‌داری در شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی پودر ماهی و ماهیان سایر تیمارها مشاهده نشد ($p>0/05$). به‌نظر می‌رسد که جایگزینی ۸۰ درصد از مخلوط پروتئین‌های حیوانی و گیاهی به‌جای پودر ماهی بدون تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد، شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی در فیل ماهی در حال رشد، وجود دارد.

لغات کلیدی: فیل ماهی، ترکیب پروتئین حیوانی و گیاهی، شاخص های رشد، شاخص‌های هپاتوسوماتیک و احشایی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

مقدمه

پودر ماهی به عنوان یک منبع پروتئین اصلی در غذای ماهیان خاویاری استفاده می‌شود (محسنی و ملک‌پور، ۱۳۹۶). در گذشته افزایش هزینه پودر ماهی برای پرورش‌دهندگان ماهیان خاویاری به دلیل قیمت بالای گوشت و خاویار قابل قبول بود (سید حسنی و همکاران، ۱۳۹۸). اما در حال حاضر، قیمت گوشت ماهیان خاویاری در بازارهای خارجی به‌شدت افت نموده و برای مثال قیمت گوشت تاسماهی سیبری، طی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۰، ۱۰ برابر تنزل قیمت نشان داده است (Zhu *et al*., 2011) در حالی‌که پودر ماهی که منبع عمده پروتئین در جیره غذایی این گونه است، طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۹۰، ۲۱۰ درصد رشد داشته است (Jannathhulla *et al*., 2019). این در حالی است که فیل ماهی در محیط طبیعی دارای دوره عمر طولانی (Billard and Lecointre, 2001) و دوره پرواربندی آن در محیط پرورشی جهت تولید گوشت حداقل ۳ سال است (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۰) که در این دوره به ۴۵-۴۰ درصد پروتئین نیاز دارد و قسمت عمده (۶۵-۶۰ درصد) آن از پودر ماهی تامین می‌گردد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به وضعیت موجود، محققین جایگزین نمودن منابع در دسترس بومی را به‌جای این منبع گران قیمت در جیره غذایی آبزیان به‌عنوان یک استراتژی بلندمدت توصیه کرده (Yun *et al*., 2014) و پیش‌بینی می‌کنند که در آینده جیره ماهیان پرورشی دارای دامنه گسترده‌تری از اجزاء غذایی جایگزین پودر ماهی نظیر منابع گیاهی، منابع پروتئینی میکروبی، ضایعات حاصل از صید و ضایعات پروتئین حیوانی خواهد بود (Glencross *et al*., 2007). اما مشکلات عدیده‌ای در این امر وجود دارد. پروتئین یکی از ترکیبات مهم غذایی است و آمینواسیدهای ضروری عاملی تعیین‌کننده جهت رسیدن به نیازهای متابولیک ماهی به‌شمار می‌آیند (Guimarães *et al*., 2008). کمبود اسیدآمینه‌های ضروری منجر به مصرف کمتر پروتئین و به‌تبع آن کاهش رشد و کارایی غذا می‌شود. منابع مختلف پروتئین نیز از لحاظ ارزش بیولوژیک و تغذیه متفاوت بوده و دارای قابلیت هضم و ترکیبات اسیدآمینه متفاوتی می‌باشند (Silva *et al* 2009). پروتئین‌های گیاهی تا قسمتی می‌توانند جایگزین پودرماهی گردند و در سطوح بالا، تاثیر منفی بر رشد آبزیان دارند. بنابراین، استفاده از آنها به‌خصوص در ماهیان گوشت‌خوار به دلیل کمبود آمینواسیدهای ضروری، دارا بودن فاکتورهای ضد تغذیه‌ای، بد طعم بودن و پایین بودن مصرف مواد مغذی محدود است. برای مثال، تلاش‌های زیادی در خصوص جایگزینی ضایعات پروتئین حیوانی نظیر پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات مرغ و پودر خون در جیره غذایی آبزیان صورت گرفته است (Davis and Arnold, 2000). اما کمبود اسیدهای آمینه ضروری به‌خصوص متیونین، لایزین و ترئونین (Xue *et al*., 2012) یکی از فاکتورهای محدود کننده در استفاده از این منابع به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان است (Glencross *et al*., 2007). مطابق با تحقیقات، جایگزینی کامل پودر ضایعات مرغ موجب کاهش رشد در بعضی از گونه‌های گوشت‌خوار می‌گردد (Thompson *et al*., 2007) و سطوح جایگزینی پودر گوشت و استخوان به دلیل کاهش طعم و مزه جیره و عدم بالانس پروفایل اسیدهای آمینه آن (Bharadwaj *et al*., 2002) محدود است و در سطوح بالای جایگزینی موجب کاهش رشد در آبزیان می‌گردد (Fasken *et al*., 2005). اما مطالعات زیادی نشان داده است که ترکیبات مناسبی از پروتئین‌های گیاهی با رعایت بالانس اسید آمینه مطابق با پودر ماهی می‌توانند با الحاق یک پروتئین گیاهی جانشین شده به جای پودر ماهی، پروفایل آمینواسید را در جیره‌های غذایی بهبود بخشند (Toko *et al*., 2008). بنابراین، ترکیبی از ضایعات پروتئین جانوری و گیاهی همراه با بالانس اسیدهای‌آمینه به عنوان جایگزین بخشی یا به طور کامل، به جای پودر ماهی اضافه شده است. چنین استراتژی موجب بالانس مواد غذایی و کاهش هزینه غذا در آبزیان می‌گردد (Hu *et al*., 2008) که نمونه‌های آن در تاسماهی سیبری (Zhu *et al*., 2011; Yun *et al*., 2014)، گونه هامور مالایی (*Epinephelus coioides*) (Milliamena, 2002) و گونه Cuneate drum (*Nibea miichthioides*) (Guo *et al*., 2007) مشاهده شد. در کنار آن، مطالعه شاخص‌های احشایی و کبدی نقش مهمی در درک فرآیند متابولیسم مواد غذایی در ماهیان دارد که عمدتاً مربوط به فرایند هضم و جذب، سنتز و ترشح آنزیم‌های گوارشی و متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین موجود در منابع پروتئین حیوانی و گیاهی است (McLaughlin, 1983).گزارش‌های زیادی در دست است که جایگزین نمودن پودر ماهی با اجزاء پروتئین جانوری، گیاهی یا ترکیبی از آنها می‌تواند بر مسیرهای متابولیسم چربی مؤثر باشد و در نهایت موجب رسوب چربی در گونه‌های گوشتخواری نظیر (*Argrosmus regius*) (Couto *et al*., 2016)، آزاد ماهی اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (Gu *et al*., 2016) و سیم دریایی سخت سر (*Sparus aurata*) (Martinez-Liorens *et al*., 2012) شود. با وجود این موانع در جایگزینی ترکیبی از

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

پروتئین‌های گیاهی و جانوری به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان گوشتخوار، مطالعات اولیه نشان داده است که فیل‌ماهی برخلاف گونه‌های سردابی توانایی زیادی در جذب و هضم کربوهیدرات‌های پیچیده (۳۵-۲۵ درصد) (Mohseni *et al.*, 2011) و منابع پروتئین حیوانی (سیدحسنی و همکاران، ۱۳۹۲) دارد. همچنین قابلیت پرورش این گونه در تراکم‌های بالا (۲۵ کیلوگرم در متر مربع) و سرعت رشد حیرت‌آور آن، آن را گونه‌ای مناسب و قابل ترویج جهت پرورش در حوضچه‌های بتنی در نقاط مختلف کشور معرفی کرده است. با این وجود با توجه به طولانی بودن دوره پرواربندی آن در محیط پرورشی جهت تولید گوشت (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۰)، بالا بودن نیاز آن به پروتئین در جیره غذایی (۴۵-۴۰ درصد پروتئین) که قسمت عمده آن (۶۵-۶۰ درصد) از پودر ماهی تامین می‌گردد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۴) و افزایش روز افزون قیمت پودر ماهی و توسعه صنعت پرورش ماهیان خاویاری در کشور، فرضیه تحقیق به صورت این که استفاده جایگزین ترکیبی از منابع پروتئین حیوانی و گیاهی با تعادل اسیدآمینه به جای پودر ماهی، تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی فیل ماهی نخواهد داشت، تعریف شد.

مواد و روش کار

ساخت جیره

پودر ماهی کیلکای ۷۲ درصد به عنوان پودر ماهی مرجع در نظر گرفته شد (NRC, 2011) و جیره‌ای مبتنی بر این نوع پودر ماهی فرموله گردید (جدول ۱). ترکیب بیوشیمیایی جیره براساس نتایج تحقیقات محسنی و همکاران (۱۳۸۴) در زمینه تعیین احتیاجات غذایی فیل ماهی در اوزان ۶۵۰-۱۷۰ گرم در نظر گرفته شد. از آن‌جایی که نیازهای اسید آمینه در گونه فیل ماهی تعیین نشده نبود، مبادرت به افزودن بیشترین مقدار حد پودر ماهی (حدود ۵۴ درصد) شد (شفچنکو، ۱۳۷۴) که این مقدار پودر ماهی می‌توانست به‌راحتی نیازهای پروتئین، چربی و آمینواسید این گونه را برآورده سازد. جهت استفاده بهینه از پروتئین موجود در پودر ماهی از منابع کربوهیدرات (پودر گندم، کنجاله سویا، گلوتن ذرت و گندم) استفاده شد. پودر گوشت و استخوان و پودر خون هر کدام به میزان یک درصد. کولین ۰/۷ درصد جیره (Yazdani *et al.*, 2014)، لستین سویا (۳ درصد) (Najafi *et al.*, 2016) پیش‌ترکیب ویتامینی و معدنی به‌ترتیب ۲ و ۱ درصد (Mohseni *et al.*, 2011) و ویتامین C و E ۰/۵ درصد (Amlashi *et al.*, 2012) به جیره اضافه شد (جدول ۲). در مرحله بعد با مراجعه به بانک اطلاعاتی، از میان منابع گیاهی (گلوتن ذرت، گلوتن گندم، سویای فرآوری‌شده) و از میان منابع پروتئین حیوانی (پودر ضایعات مرغ، پودر گوشت و استخوان و پودر خون) به عنوان منابع جایگزین در نظر گرفته شده و براین اساس ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی و حیوانی به شرح ذیل ساخته شد: گلوتن ذرت: ۱۰ درصد، گلوتن گندم:۲۰ درصد، پودر سویای فرآوری شده: ۲/۸ درصد، پودر ضایعات مرغ: ۴۵ درصد، پودر گوشت و استخوان: ۷ درصد، پودر خون: ۵ درصد. فرمولاسیون و درصد اجزای غذایی ترکیبی مورد نظر به‌نحوی طراحی شد که ترکیب‌های مورد نظر تا حد امکان از لحاظ ترکیب شیمیایی (پروتئین، چربی کربوهیدرات و ماده خشک) و پروفایل اسیدآمینه به پودر ماهی کیلکا نزدیک باشد و کمبود اسیدهای‌آمینه و فسفر با استفاده از اسیدهای‌آمینه ضروری و دی کلسیم فسفات جبران (Jirsa *et al.*, 2015) (جدول ۱) و در ادامه ترکیب مذکور در سطوح ۴۰،۲۰، ۶۰ و ۸۰ درصد جایگزین پودر ماهی گردید. جیره‌های غذایی به آزمایشگاه ارسال شد و با در دست داشتن ترکیب بیوشیمیایی و پروفایل اسیدآمینه، میزان کمبود اسیدآمینه و فسفر هر جیره جایگزین سنجیده و کمبود فسفر آن با دی‌کلسیم فسفات (Gaylord and Rawles, 2005) جبران شد (جداول ۳ و ۴).

ماهیان و نحوه پرورش

تعداد ۲۷۰ قطعه فیل ماهی۱۳۹۷ در بخش آبزی‌پروری موسسه تحقیقات تاسماهیان دریای خزر (روستای شاقاجی، رشت، استان گیلان) در تانک‌های فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری، با قطر ۱۰۵ سانتی‌متر، ۵۱ سانتی‌متر ارتفاع و حجم آب ۵۰۰ لیتر که با آب رودخانه سفیدرود و آب چاه نیمه عمیق با دبی ۴/۷۵ لیتر در دقیقه مشروب می‌گردید با میانگین وزن ۶/۵ ±۱۶۷ گرم به تعداد ۱۰ قطعه ماهی در هر تانک تقسیم و از جیره‌های آزمایشی تا حد سیری در ساعات ۹/۰۰ صبح، ۱۵/۰۰ و ۲۱/۰۰ شب تغذیه شدند. منبع تامین آب مخازن ترکیبی از آب چاه و رودخانه بود که امکان تنظیم درجه حرارت در طی دوره آزمایش و شفافیت لازم را جهت بررسی نحوه غذاگیری و میزان غذای مصرفی ماهیان را امکان‌پذیر می‌ساخت. نیم ساعت پس از غذادهی، باقیمانده غذا از کف تانک‌ها سیفون و پس از خشک شدن در آون میزان غذای مصرفی ماهیان مشخص می‌شد. زیست سنجی در فواصل یک ماهه انجام گرفت.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

جدول ۱: ترکیب بیوشیمیایی پودر ماهی و ترکیب پروتئین‌های گیاهی و حیوانی جایگزین

Table 1: Proximate composition of fish meal and replace mixture of plant and animal protein

پودر ماهی کیلکا	میکس تولید شده بر اساس پودر ضایعات مرغ	
مقدار (٪)	مواد غذایی	مقدار (٪)
	گلوتن ذرت	۱۰
	گلوتن گندم	۲۰
	پودر سویای اکوا پرو	۲/۸
	پودر ضایعات مرغ	۴۵
	پودر گوشت	۷
	پودر خون	۵
	دی کلسیم فسفات	۱/۷۶
	هیستدین	۰/۹۱
	آرژنین	۱/۵
	متیونین	۱
	لایزین	۳/۱۸
	تایروزین	۱/۱
	و الین	۰/۵
	تریپتوفان	۰/۲۶
	مجموع	**۱۰۰**
	ترکیب بیوشیمیایی (%)	
۹۴/۴۸	ماده خشک	۹۲/۳۷
۷۲/۱۱	پروتئین	۶۰/۷۴
۹/۹	چربی	۱۰/۴
۰/۱۱	فیبر	۰/۴۸
۰/۸	کربوهیدرات	۸/۵
۱۱/۳۸	خاکستر	۳/۶
۲/۱۵	دی کلسیم فسفات	۱/۲*
۱/۹۶	هیستدین	۱/۹۴
۴/۵	آرژنین	۴/۵
۲/۱۴	ترئونین	۲/۰۶
۲/۴	تیروزین	۲/۴
۲/۸۵	والین	۲/۷۳
۱/۹۳	متیونین	۱/۸۳
۰/۴۳	سیستئین	۰/۴۱
۲/۵۶	ایزو لوسین	۲/۶۵
۵/۳۵	لایزین	۵/۶
۷/۶	تریپتوفان	۷/۹

*بر اساس نیازمندی تاسماهی سیبری به فسفر (Xue *et al*., 2011)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

جدول ۲: فرمولاسیونو ترکیب شیمیایی جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره‌های مبتنی بر ترکیب پروتئین‌های گیاهی و حیوانی در سطوح مختلف جایگزینی

Table 2: Formulation and proximate composition of diets formulated base of fish meal and mixture of plant and animal protein in different replacement levels

اجزای غذایی (٪)	جیره شاهد (FM)	جیره ۲۰ درصد جایگزینی(MPP_{20})	جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})
پودر ماهی آنچووی	۵۴	۴۳/۲	۳۲/۴	۲۱/۶	۱۰/۸
مخلوط بر پایه پودر ضایعات مرغ		۱۲/۸۴	۲۵/۶۷	۳۸/۵	۵۱/۳۳
پودر سویای اکوا پرو	۱	۱	۱	۱	۱
گلوتن گندم	۱	۱	۱	۱	۱
پودر گندم	۱۴	۱۳/۲۲	۱۲/۴۵	۱۱/۲	۸/۸۲
گلوتن ذرت	۰	۰	۰	۰	۰
پودر ضایعات مرغ	۰	۰	۰	۰	۰
پودرگوشت	۱	۱	۱	۱	۱
پودرخون	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۵
مخمر	۳	۳	۳	۳	۳
روغن ماهی آنچووی	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
کولین	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
لستین سویا	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
ویتامین پرمیکس	۲	۲	۲	۲	۲
پرمیکس معدنی	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامینE	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
ویتامین C	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اکسید کروم	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
کربوکسی متیل سلواز	۳/۳	۲/۰۴	۰/۷۸	۰/۰۰	۰/۰۰
متیونین	–	–	–	–	–
لایزین	–	–	–	–	–
دی کلسیم فسفات				۰/۵	۰/۸۵
مجموع	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**	**۱۰۰**
ترکیب بیوشیمیایی (درصد)					
ماده خشک	۹۴/۳	۹۴/۰۳	۹۳/۷۳	۹۳/۱۱	۹۲/۵۹
پروتئین	۴۴/۷۴	۴۴/۶۷	۴۴/۵۹	۴۴/۷	۴۳/۹
چربی	۱۹/۱۷	۱۹/۴۷	۱۹/۷۶	۲۰/۰۱	۲۰/۲۹
فیبر	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۴
کربوهیدرات	۲۰/۱۸	۲۰/۲۷	۲۳/۶	۲۴/۷	۲۵/۷
خاکستر	۶/۶۴	۵/۸۷/	۵/۱	۴/۱۳	۳/۵۲
انرژی خام (مگاژول بر کیلوگرم)	۱۸/۲۷	۱۸/۳۸	۱۸/۴۸	۱۸/۴۹	۱۸/۵۴

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

آب مخازن به نصف کاهش و ماهیان پس از بیهوش شدن با پودر گل میخک (۱۵۰ppm) (حلاجیان و همکاران،۱۳۹۰) به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و با تخته بیومتری با دقت یک میلی‌متر زیست‌سنجی می‌شدند. دوره نوری محیط پرورش ۱۲ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. دوره روشنایی با استفاده از نور طبیعی و دوره تاریکی با کشیدن پلاستیک سیاه روی سطح مخازن تامین گردید (Kryuchkov and Obukhov, 2006). در پایان دوره تغذیه، لاشه کل ماهیان پس از تخلیه امعاء و احشاء (Whole body) در یک چرخ گوشت برقی به طور کامل چرخ شده، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد فریز شده و جهت بررسی ترکیب بیوشیمیایی لاشه (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر) به آزمایشگاه ارسال گردید (Damusaru *et al*., 2018). همچنین کبد و امعاء و احشاء ماهیان به منظور بررسی شاخص‌های هپاتوسوماتیک و احشایی از بدن خارج گردید.

محاسبه شاخص‌های رشد

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، غذا، شاخص هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه گردید (فلاحتکار، ۱۳۹۴):

(شاخص چاقی) Condition factor=100 × (W_F/T_L^3) (Ronyai *et al*., 1990)

W_F=وزن نهایی T=طول نهایی

(افزایش وزن) Wieght gain = W_F - Wi

W_F=وزن نهایی W_i=وزن اولیه

Percentage Body Wieght Gain = 100 × (W_F - Wi)/(Wi)

W_F=وزن نهایی W_i= وزن اولیه

(ضریب رشد ویژه) Specific Groewth Rate (% / day) = 100 × [(log WF - log Wi)/ Day

log W_F =لگاریتم وزن نهایی log Wi =لگاریتم وزن اولیه

[(Wieght gain)/ Feed Protien)] Feed Efficiancy Ratio =

Wieght gain = افزایش وزن Feed Protien = پروتئین خورده شده

Hepatosomatic Index (%)= 100 × (Liver Wieght) / (Body Wieght)

Liver Wieght= وزن کبد Body Wieght= وزن بدن

Visceral Index (%)= 100 × (Visceral Wieght) / (Body Wieght)

Liver Visceral = وزن کبد Body Wieght= وزن بدن

روش تجزیه و تحلیل آماری داده ها

داده‌های آماری در نرم افزار Excel ثبت و مورد پردازش قرار گرفت. سپس نرمال‌بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov، معنی‌دار بودن داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد سنجش قرار گرفت و در صورت مشاهده اختلاف، تست Tukey برای مقایسه میانگین‌ها به عنوان Post-hoc اعمال شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. سطح معنی‌دار بودن داده‌ها و اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

تعیین شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی

بیشترین و کمترین وزن نهایی مربوط به تیماری بود که با جیره مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی و جانوری (جایگزینی ۲۰ و ۸۰ درصد) (MPP_{20} و MPP_{80} درصد) (۴۵/۲۸ ± ۶۶۴/۹۳ و ۸۷/۵۲ ± ۴۶/ ۵۵۴گرم) تغذیه شده بودند.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

جدول ۳: پروفایل اسید آمینه جیره های مبتنی بر پودر ماهی و ترکیب پروتئین‌های گیاهی و حیوانی در سطوح مختلف جایگزینی
Table 3: Amino acid profile of diets formulated base of fish meal and mixture of plant and animal protein in different replacement levels

اسید آمینه	پروفایل آمینواسید جیره ساخته شده بر اساس پودر ضایعات مرغ (براساس درصد جیره خشک)				
	جیره شاهد (FM)	جیره ۲۰ درصد جایگزینی(MPP_{20})	جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})
هیستدین	۱/۳	۱/۳۴	۱/۳۷	۱/۳۷	۱/۳۹
آرژنین	۲/۶۶	۲/۷۷	۲/۸۶	۲/۹۳	۳/۰۱۴
ترئونین	۱/۳۷	۱/۴۲	۱/۴۶	۱/۴۸	۱/۵۱
تایروزین	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۵۳	۱/۵۶	۱/۶۱
والین	۱/۸۲	۱/۹۱	۱/۹۶	۱/۹۸	۲/۰۲
متیونین	۱/۱۸	۱/۲۲	۱/۲۵	۱/۲۸	۱/۳
سیستئین	۰/۲۸	۰/۳	۰/۳	۰/۳۱	۰/۳۱
ایزولوسین	۱/۵۷	۱/۶۷	۱/۷۲	۱/۷۶	۱/۸
لایزین	۳/۱۶	۳/۳	۳/۴	۳/۴۷	۳/۵۷
تریپتوفان	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۴۹

اما دارای اختلاف معنی‌دار آماری به جیره مبتنی بر پودر ماهی نبودند ($p>0/05$). ضریب چاقی ماهیان تغذیه‌شده از جیره‌های مختلف آزمایشی در دامنه ۰/۵۳-۰/۵ قرار داشت و ماهیان تغذیه‌شده از جیره MPP_{80} دارای کمترین ضریب چاقی بودند (۰/۰۲±۰/۴۹)، اما اختلاف معنی‌داری در ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده از جیره‌های مختلف غذایی مشاهده نشد ($p>0/05$). درصد افزایش وزن ماهیان تغذیه شده از جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره‌های جایگزینی در دامنه ۲۴۴-۲۹۸/۶۸ درصد قرار گرفت و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود ($p>0/05$). بیشترین ضریب رشد ویژه (۲±/۷۳ درصد در روز) از آن ماهیان تغذیه‌شده ازجیره مبتنی برپودر ماهی (FM) بود، ضریب رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی در سطوح مختلف جایگزینی در دامنه ۱/۹۶-۱/۷ درصد در روز قرار داشت ($p>0/05$). دامنه رشد روزانه در ماهیان تغذیه شده باجیره‌های مبتنی بر پودر ضایعات مرغ ۷/۵-۵/۷ گرم در روز بود، ولی آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (Oneway Anova) و تست Tukey اختلاف معنی‌داری در میان ضریب رشد ویژه ماهیان تیمارهای مختلف نشان نداد ($p>0/05$). ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی دارای بهترین ضریب تبدیل غذا بودند (۰/۰۲۳±۱/۲۶) ضریب تبدیل غذا در ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی در دامنه ۱/۳۶-۱/۳۲ قرار داشت که فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با ضریب تبدیل غذای ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود ($p>0/05$). ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی دارای بیشترین نسبت بازده پروتئین (۰/۲۳±۱/۷۵) بودند، ولی اختلاف معنی‌داری میان نسبت بازده پروتئین این ماهیان و ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر پودر ضایعات مرغ مشاهده نشد ($p>0/05$). (جدول ۵).

تعیین ترکیب شیمیایی لاشه

میزان پروتئین کل لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM) ۱۷/۷±۰/۱۴ درصد بود که فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با جیره (MPP_{40}) (۱۷/۷±۰/۱۴ درصد) بود ($p>0/05$)، اما با افزایش سطوح جایگزینی در جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} میزان پروتئین لاشه در مقایسه با ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی به طور معنی‌داری کاهش یافت (۱۶/۸۷±۰/۰۳ و ۱۴/۶۵±۰/۱۴ درصد). بیشترین میزان پروتئین لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی MPP_{20} بود که با مقدار پروتئین لاشه ماهیان سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($p<0/05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

جدول ۴: شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذای فیل ماهی تغذیه شده با ترکیبی از منابع پروتئین جانوری و گیاهی طی ۱۰ هفته پرورش
Table 4: Growth index and feed efficiency ratio *Huso huso* fed by diets formulated base of fish meal and *mixture* of plant and animal protein in 10 weeks

شاخصها	جیره شاهد (FM)	جیره ۲۰ درصد جایگزینی(MPP_{20})	جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	جیره ۶۰ درصد جایگزینی(MPP_{60})	جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})
وزن اولیه (گرم)	۱۶۳/۷± ۵/۴۴ ^{a}	۱۷۱/۴۸±۶/۱۳^{a}	۱۶۶/۱۵±۳/۹۲^{a}	۱۶۶/۵۱± ۱۳/۲۷ ^{a}	۱۶۰/۵±۹/۲۵^{a}
وزن نهایی (گرم)	۶۵۲/۶±۳۶/۳۹^{a}	۶۶۴/۹۳±۴۵/۲۸^{a}	۶۵۲/۸±۱۹/۳۷^{a}	۶۲۶/۸±۲۳/۲۸^{a}	۵۵۴/۴۶±۸۷/۵۲^{a}
طول اولیه (سانتی‌متر)	۳۵/۴۷± ۰/۴۱ ^{a}	۳۵/۷۸±۰/۶۳^{a}	۳۵/۵±۰/۱۸^{a}	۳۵/۸۴±۱/۱۵^{a}	۳۴/۵۴±۲/۰۶^{a}
طول نهایی (سانتی‌متر)	۵۰/۱۱± ۰/۶۶ ^{a}	۵۰/۷۷±۰/۸۵ ^{a}	۴۹/۶۹±۰/۱۶^{a}	۴۹/۳۲±۰/۹۶^{a}	۴۸/۰۹±۰/۶۶^{a}
ضریب چاقی (K)	۰/۵۱±۰/۰۰۱^{a}	۰/۵±۰/۰۰۸^{a}	۰/۵۳±۰/۱^{a}	۰/۵۲±۰/۰۰۵^{a}	۰/۴۹±۰/۰۲^{a}
درصد افزایش وزن (WG) (درصد در طول دوره)	۲۹۸/۶۸±۲۰/۳۱^{a}	۲۸۷/۵± ۱۴/۱ ^{a}	۲۹۳/۰۲±۱۴/۴^{a}	۲۷۳/۳۱±۱۷/۵^{a}	۲۴۴/۰۰±۳۷^{a}
ضریب رشد ویژه (SGR) (درصد در روز)	۲/۰۰± ۰/۰۷۳ ^{a}	۱/۹۶±۰/۰۵^{a}	۱/۹۸±۰/۰۵^{a}	۱/۹۲±۰/۰۶^{a}	۱/۷± ۰/۱۶ ^{a}
رشد روزانه (گرم در روز)	۷/۰۸± ۰/۵۳ ^{a}	۷/۱۵±۰/۵۷^{a}	۷/۰۵±۰/۲۹^{a}	۶/۶۷±۰/۱۸^{a}	۵/۷±۱/۱^{a}
مقدار غذای داده شده (گرم)	۶۲۰۳/۶۱	۶۷۹۲/۶۹	۶۴۳۲/۱۳	۶۱۰۳/۲۷	۵۳۱۲/۳
ضریب تبدیل غذا (FCR)	۱/۲۶±۰/۰۲۳^{a}	۱/۳۷±۰/۰۶۶^{a}	۱/۳۲±۰/۰۶۵^{a}	۱/۳۲±۰/۱۴^{a}	۱/۳۶±۰/۱۵^{a}
کارایی غذا (FE)	۷۸/۰۳±۱۰/۷^{a}	۷۲/۵۸±۳/۴۳^{a}	۷۵/۶۸±۳/۶۲^{a}	۷۶/۱۴±۸/۳۸^{a}	۷۳/۶۳±۷/۷^{a}
نسبت بازده پروتئین	۱/۷۵±۰/۲۳^{a}	۱/۶۱±۰/۰۸^{a}	۱/۶۸±۰/۰۸^{a}	۱/۶۹±۰/۱۸^{a}	۱/۳۶±۰/۱۵^{a}

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی
MPP_{20}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد
MPP_{40}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد
MPP_{60}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد
MPP_{80}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ درصد
اعداد با حروف معنی دار دارای اختلاف معنی دار آماری هستند ($p<۰/۰۵$).

میزان چربی کل لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (۶/۷±۰/۰۷) فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با چربی کل لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های MPP_{20} و MPP_{40} (۶/۳۵±۰/۲۱ و ۷/۰۰±۰/۱۴ درصد) بود ($p>۰/۰۵$). اما افزایش چربی در لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} (۸/۱۵±۰/۰۷ و ۹/۳±۰/۲۸ درصد) دارای اختلاف معنی‌دار آماری با مقدار چربی لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌دار در میزان خاکستر لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (۳/۳±۰/۱۴ درصد) و ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP_{20} و MPP_{40} (۳/۹۵±۰/۲۱ و ۴/۰۶±۰/۰۵ درصد) مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین مقدار خاکستر کل لاشه در لاشه ماهیان تغذیه شده مبتنی بر پودر گلوتن ذرت در سطوح جایگزینی ۲۰ درصد (۴/۰۶±۰/۰۵ درصد) مشاهده شد که با خاکستر لاشه ماهیان سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($p>۰/۰۵$). میزان رطوبت لاشه در ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (۷۳/۰±۰/۲۸ درصد) بود که با سایر تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبود (جدول ۵) ($p>۰/۰۵$).

تعیین شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی

اختلاف معنی‌داری در شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان مورد آزمایش مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه شده مبتنی بر پودر ماهی ۳/۲±۰/۰۷ درصد و در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} به ۰/۶۶± ۴/۴۵ و ۴/۳۵±۰/۵۷ درصد رسید. همچنین اختلاف معنی‌داری در شاخص احشایی ماهیان تغذیه‌شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (۰/۷± ۸/۷۳ درصد) با شاخص احشایی ماهیان سایر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

تیمارها مشاهده نشد ($p>0/05$)، اما شاخص احشایی در ماهیان تغذیه شده با MPP_{60} و MPP_{80} (۱۰/۵۷±۰/۲۱ و ۸/۷۳±۰/۷ درصد) به‌مراتب بیشتر از ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود ($p>0/05$) (جدول ۶).

جدول ۵: ترکیب بیوشیمیایی لاشه فیل ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره های جایگزین مبتنی بر گلوتن ذرت و پودر ضایعات مرغ طی ۱۰ هفته پرورش

Table 5: Body composition *Huso huso* fed by diets formulated base of fish meal and mixture of plant and animal protein in 10 weeks

تیمار	پروتئین (درصد)	رطوبت (درصد)	چربی(درصد)	خاکستر(درصد)
جیره شاهد (FM)	۱۷/۷±۰/۱۴^{b}	۷۳/۰±۰/۲۸^{a}	۶/۷±۰/۰۷^{cd}	۳/۳±۰/۱۴^{c}
جیره ۲۰ درصد جایگزینی (MPP_{20})	۱۸/۳۵±۰/۲۱^{a}	۷۲/۷±۱/۰۶^{a}	۶/۳۵±۰/۲۱^{d}	۳/۹۵±۰/۲۱^{bc}
جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	۱۷/۷±۰/۱۴^{b}	۷۲/۱±۰/۱۴^{a}	۷/۰۰±۰/۱۴^{c}	۴/۰۶±۰/۰۵^{bc}
جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	۱۶/۸۷±۰/۰۳^{c}	۷۱/۲±۱/۵۵^{a}	۸/۱۵±۰/۰۷^{b}	۴/۱۵±۰/۰۷^{b}
جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})	۱۴/۶۵±۰/۱۴^{d}	۷۱/۷±۰/۲۸^{a}	۹/۳±۰/۲۸^{a}	۳/۱۷±۰/۱۴^{bc}

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی

MPP_{20}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد

MPP_{40}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد

MPP_{60}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد

MPP_{80}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ درصد

اعداد با حروف معنی دار دارای اختلاف معنی دار آماری هستند ($P<0.05$)

جدول ۶: شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی فیل ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره های جایگزین مبتنی بر گلوتن ذرت و پودر ضایعات مرغ طی ۱۰ هفته پرورش

Table 6: Hepato and visceral somatic index of *Huso huso* fed by diets formulated base of fish meal and mixture of plant and animal protein in 10 weeks

تیمار	شاخص هپاتوسوماتیک (درصد)	شاخص احشایی (درصد)
جیره شاهد (FM)	۳/۲±۰/۰۷^{a}	۸/۷±۰/۷a^{b}
جیره ۲۰ درصد جایگزینی (MPP_{20})	۴/۱۱±۰/۷۵^{a}	۹/۴۶±۰/۷۹^{ab}
جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	۳/۸۳±۰/۵۲^{a}	۹/۲۶±۱/۲۵^{ab}
جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	۴/۴۵±۰/۶۶^{a}	۱۰/۱۴±۰/۴۵^{a}
جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})	۴/۳۵±۰/۵۷^{a}	۱۰/۵۷±۰/۲۱^{a}

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی

MPP_{20}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد

MPP_{40}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد

MPP_{60}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد

MPP_{80}: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۸۰ درصد

اعداد با حروف معنی دار دارای اختلاف معنی دار آماری هستند($p<0/05$).

بحث

در این آزمایش فرضیه عدم تاثیر پذیری منفی جایگزینی ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی به جای پودر ماهی بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، شاخص هپاتوسوماتیک و احشایی فیل ماهی مورد آزمون و بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که در آزمایش حاضر شاخص‌های رشد از جیره‌های مختلف غذایی تاثیر نپذیرفتند و اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های وزن نهایی، طول نهایی، ضریب چاقی، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، رشد روزانه، ضریب تبدیل و کارایی غذا و نسبت بازده پروتئین مشاهده نشد

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

(p<۰/۰۵). مطالعات نشان داده است که حذف پودر ماهی از جیره آبزیان نیاز به جایگزینی پروتئینی با کیفیت بالاتر دارد و کاندید جایگزین باید تا حد امکان دارای خصوصیات تغذیه‌ای مطلوب (سطوح کم فاکتورهای ضد تغذیه‌ای، پروتئین بالا، پروفایل اسیدآمینه مناسب و قابلیت هضم بالا) باشد (Gatlin *et al*., 2007). بعضی فرآورده‌های گیاهی نظیر پودر گلوتن گندم و ذرت، دارای بسیاری از این خصوصیات می‌باشند. در میان غلات، گلوتن ذرت (CG) حاوی پروتئین بالا، فاکتورهای ضد تغذیه‌ای کم و از مهم‌ترین منابع گیاهی است که به طور معمول در غذای آبزیان مورد مصرف قرار می‌گیرد (Opstvedt *et al*., 2003). پودر ضایعات مرغ و پودر گوشت و استخوان نیز اجزای پروتئینی مناسبی جهت جایگزینی در میگوی سفید (Cruz-Suarez *et al*., 2007) و گونه crayfish (Saoud *et al*., 2008)، سالمون چینوک (Fowler, 1991) ، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Bureau *et al*., 2000) ماهی red drum (Kureshy *et al*., 2000) و سوف نقره‌ای استرالیایی (Allan *et al*., 2000) تشخیص داده شده اند. مانع دیگر در جایگزینی پروتئین‌های حیوانی کمبود آمینواسیدهای ضروری است. بالانس پروفایل آمینواسیدهای ضروری به وسیله اسیدهای آمینه سنتتیک در دسترس، راه‌حلی مناسب جهت جایگزینی ماده جایگزین شونده به جای پودر ماهی و در نهایت کاهش هزینه پروتئین جیره به‌شمار می‌آید (Gaylord and Barrows, 2009) که در این آزمایش به آن عمل شد. شاخص‌های رشد در این آزمایش هماهنگ با نتایج به‌دست آمده در مورد تغذیه تاسماهی سیبری با جیره‌های مبتنی بر ترکیبی از منابع پروتئین حیوانی و گیاهی جایگزین شده به جای پودر ماهی است (Zhu *et al*., 2011; Yun *et al*., 2014). در آزمایشی Zhou و همکاران (۲۰۱۰) به مدت ۸ هفته تاسماهی سیبری ۲۹ گرمی را با جیره حاوی ۴۹ درصد پروتئین خام که در آن ترکیبی از پروتئین حیوانی (۴۰ درصد پودر گوشت و استخوان،۴۰ درصد پودر ضایعات مرغ و ۲۰ درصد پودر پر هیدرولیز شده) در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزین پودر ماهی شده بود، تغذیه نمودند. افزایش وزن در تاسماهیانی که با جیره محتوی ۵۰ درصد ترکیب حیوانی جایگزین پودر ماهی بدون مکمل‌های کریستاله تغذیه شده بودند اختلاف معنی‌داری با تیمار پودر ماهی نشان نداد، ولی ماهیانی که با جیره محتوی ۵۰ درصد مخلوط حیوانی به‌جای پودر ماهی همراه با اسیدآمینه کریستاله تغذیه شده بودند، افزایش وزن بیشتری داشتند. نتایج مشابهی از Yun و همکاران (۲۰۱۴) در تاسماهی سیبری ۳۹ گرمی تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی در سطح پروتئین ۴۰ درصد، جیره مبتنی بر پروتئین‌های گیاهی (۶۰ درصد پودر سویا و۴۰ درصد پودر گلوتن گندم) در سطح پروتئین۴۰ درصد و دو جیره در سطح پروتئین ۳۶ درصد مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی همراه با مکمل‌های اسیدآمینه (متیونین، لایزین و ترئونین) گزارش شد و به‌نظر می‌رسد که تایید کننده این مطلب است که فیل ماهی می‌تواند اسیدهای آمینه کریستاله را همانند تاسماهی سیبری (Zhu *et al*., 2011; Xue *et al*., 2012)، تاسماهی هیبرید (*Acipenser baerii* ♀ × *Acipenser schrenckii* ♂) (Jiang *et al*., 2018) مصرف کند. اما در مطالعه حاضر، پروتئین لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} به طور معنی‌داری کمتر از ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود (p<۰/۰۵)، که به‌نظر می‌رسد به رغم بالانس پروفایل ده آمینواسید ضروری در جیره‌های جایگزین به‌خصوص در سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد جایگزینی، به دلایل اندازه نگرفتن قابلیت هضم این آمینواسیدها (Walton *et al*., 1982) آب‌شویی احتمالی (Wu, 1998)، کاهش دمای آب و به تبع آن کاهش میزان توانایی روده در جذب آمینواسیدهای کریستاله (Murai *et al*., 1983) منجر به کاهش ابقاء پروتئین و سوق دادن پروتئین به سمت فرآیندهای کاتابولیک شد که خود را به صورت کاهش میزان پروتئین لاشه نشان داده است (Gaylord and Rawles, 2005). همچنین احتمال دارد، تجمع آمینواسیدهای بالانس نشده در جیره موجب افزایش تجزیه پروتئین و افزایش protein turnover (Fore *et al*., 2018) و درنهایت کاهش نسبت بازده پروتئین و پروتئین ابقاء شده در لاشه شده باشد. اما در روندی معکوس، چربی لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های جایگزین در سطوح جایگزینی ۶۰ و ۸۰ درصد در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی به طور معنی‌داری افزایش یافت. ترکیبات بیوشیمیایی آبزیان طبق جیره و ترکیب غذایی آن تغییر می‌کند (Zhou and Yue, 2010). مقادیر اضافی اسیدهای چرب اشباع موجب تجمع اسیدهای چرب و انرژی ذخیره شده در بافت می‌گردد و علاوه بر کاهش کیفیت گوشت ماهی موجب رسوب چربی در آن می‌شود (Pares-Sierra *et al*., 2012). نتایج بدست آمده در این آزمایش مخالف با نتایج Zhu و همکاران (۲۰۱۱) در خصوص جایگزینی ترکیبی از منابع پروتئین حیوانی (۴۰ درصد پودر گوشت و استخوان،۴۰ درصد پودر ضایعات مرغ و۲۰ درصد

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

پودر هیدرولیز شده) و عدم تاثیر بر چربی لاشه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) با وزن (۰/۲±۲۸/۹ گرم) می باشد. اما گزارش‌هایی نیز از EL-sayed (۱۹۹۴) در خصوص افزایش جایگزینی پودر ضایعات مرغ و سطوح بالاتر چربی لاشه در تیلاپیای نیل و سیم دریایی نقره‌ای، Steffen (۱۹۹۴) در قزل‌آلای رنگین کمان و افزایش چربی لاشه به‌همراه افزایش پودر ضایعات مرغ تا سطح ۷۵ درصد در گونه *Sparus aurata* (Nengas *et al*., 1999) و جایگزینی کامل در گونه *Scophthalmus maeoticus* (Turker *et al*., 2005) در دست است که هماهنگ با نتایج به‌دست آمده در آزمایش حاضر است. در کل احتمالاً اختلاف در نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر و این آزمایش‌ها را می‌توان به علت اختلاف در کیفیت پروتئین‌های حیوانی به‌کار رفته و تفاوت در متابولیسم لیپید در ماهیان مختلف دانست (Abdul-Halim *et al*., 2014). البته نباید نقش پروتئین‌های گیاهی در مخلوط مورد نظر را به تحریک افزایش فعالیتهای لیپوژنیک (Kissil and Lupatsch, 2004) از یاد برد. در مطالعه حاضر افزایشی غیر معنی دار شاخص هپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی در سطوح جایگزینی ۶۰ و ۸۰ درصد (۰/۶۶±۴/۴۵ و ۰/۵۷±۴/۳۵) درصد مشاهده شد ($p>0/05$) که با نتایج Liu و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تاسماهی سیبری ۲۸ گرمی تغذیه شده با جایگزین ترکیبی از ضایعات پروتئین حیوانی (۴۰ درصد پودر گوشت و استخوان،۴۰ درصد پودر ضایعات مرغ، ۲۰ درصد پودر پر هیدرولیز شده) همراه یا بدون اضافه کردن اسیدهای آمینه کریستاله در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد به‌جای پودر ماهی هماهنگ است و شاخص‌های هپاتوسوماتیک و احشایی (۰/۱۶±۳/۰۲ و ۰/۲±۷/۸۴ درصد) بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار آماری افزایش یافت. روند مشابهی نیز در شاخص احشایی مشاهده شد به‌طوری‌که با افزایش جایگزینی شاخص احشایی ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} به ۰/۲۱±۱۰/۵۷ و ۰/۷±۸/۷۳ درصد رسید، هر چند که در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید ($p>0/05$)، اما میانگین چربی احشایی به‌دست آمده در این مطالعه (۰/۷۲±۹/۱۲ درصد) تقریباً بیشتر از چربی احشایی گزارش شده در مطالعات Liu و همکاران (۲۰۰۹) در تاسماهی سیبری ۲۸ گرمی (۰/۷۲±۷/۸۴ درصد) تغذیه شده با ترکیبی از پروتئین‌های جانوری در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد و کمتر از شاخص احشایی تاسماهی هیبرید (*Acipenser baeri*× *Acipenser sherinki*) (با متوسط وزن ۰/۲۴±۸/۶۳ گرم) (۱۴/۲۷±۹۵/۱ درصد) تغذیه شده با ترکیبی از پروتئین‌های حیوانی (پودر سویا، پودر کانولا و پودر کتان) در سطوح جایگزینی ۶۰-۰ درصد بود (Jiang *et al*., 2018) و به‌نظر می‌رسد که ارتباط مستقیمی میان افزایش چربی احشایی و افزایش سطوح پروتئین‌های جانوری و گیاهی وجود دارد که مشابه آن با جایگزین کردن کامل پودر ضایعات مرغ به جای پودر ماهی در هیبرید سی باس مشاهده شده بود (Rawles *et al*., 2006). در کل نتایج مطالعه حاضر آشکار کرد که به‌کار بردن نسبت متناسب و صحیح از منابع پروتئین گیاهی و جانوری می‌تواند تا حد زیادی جلوی فاکتورهای ضد تغذیه‌ای را بگیرد و اطمینان لازم را به لحاظ تامین سطوح مناسب پروفایل اسیدآمینه را بدهد. در مطالعات آینده باید حذف پودر ماهی از جیره و جایگزینی کامل و استفاده از ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی مد نظر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح جایگزینی پروتئین‌های گیاهی و جانوری بجای پودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی به سفارش استانداری استان گیلان است. نگارندگان از آقای مهندس حمید ناصحی معاونت برنامه ریزی سازمان برنامه و بودجه استانداری استان گیلان، آقای دکتر محمد علی یزدانی ساداتی و اقای دکتر علیرضا شناور ماسوله جهت تامین منابع مالی و سخت افزاری اجرای ازمایش صمیمانه سپاسگزاری می نمایند. نگارندگان همچنین مراتب سپاسگزاری خود را از کلیه همکاران بخش‌های آبزی‌پروری و فیزیولوژی و بیوشیمی موسسه تحقیقات تاسماهیان دریای خزر به ویژه آقایان هوشنگ یگانه، محسن هوشیار و آرش شهبازی که پرورش و تغذیه بچه ماهیان را بر عهده داشتند، ابراز می‌دارند.

منابع

حلاجیان، ع.، کاظمی، ر. و یوسفی، آ.، ۱۳۹۰. اثر پودر گل میخک بر مدت زمان بیهوشی و بازگشت از بیهوشی در فیل ماهی پرورشی ۴ ساله (*Huso huso*). مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۵ (۲) : ۱۴۰-۱۳۳.

سیدحسنی، م.، سجادی، م. م.، فلاحتکار، ب. و یوسفی، آ.، ۱۳۹۸. تعیین قابلیت هضم ظاهری اجزای متداول مورد استفاده در ساخت خوراک فیل ماهی (*Huso huso*). مجله

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

علمی شیلات ایران، ۲۹(۱): ۱۶۵-۱۵۳. DOI:10.22092/ISFj. 2019.120664

سیدحسنی، م.ح.، محسنی، م.، یزدانی ساداتی، م. ح.، پورعلی، ح.م. و شکوریان، م.، ۱۳۹۲. کارایی گلوتن ذرت به عنوان یک منبع پروتئین جایگزین بجای پودرماهی در تغذیه فیل ماهی (*Huso Huso*) در دوران رشد (growth up)، مجله علمی شیلات ایران، ۲۳ (۲): ۷۷-۹۰. DOI: 10.220921/IFSj.2014.103699

شفچنکو، و.ن.، ۱۳۷۴. تکنولوژی پرورش گوشتی تاسماهی ایرانی در وان‌های فایبرگلاس با استفاده از غذاهای مصنوعی. ترجمه صدرایی،ه. مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی. ۴۸ صفحه.

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

محسنی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، ارشد، آ.، علیزاده، م.، جمالزاد، ف.، صوفیانی، ن.، حقیقیان، م. و زاهدی، فر.م.، ۱۳۸۴. تعیین احتیاجات غذایی فیلماهی از مرحله لاروی تا مرحله عرضه به بازار. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۲۴۵ صفحه.

محسنی، م. و ملک پور،آ.، ۱۳۹۶. جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کانولا و تاثیر آن بر عملکرد رشد، قابلیت هضم، برخی پارامترهای خونی و سطح هورمون های تیروئیدی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۹ (۳):۱۲۰-۱۰۹. DOI: 118084.2019.IFSJ/22092310

یزدانی ساداتی، م.ر.، پورکاظمی، م.، شکوریان، م.، پورعلی، ح.م.، پیکران مانا، ن.، سیدحسنی، م.ح.، یگانه، ه. و پورصفر، م.، ۱۳۹۰. ترویج و پرورش فیل ماهی به منظور تولید گوشت و خاویار. موسسه تحقیقات شیلات ایران.۵۹ صفحه.

Abdul-Halim, H., Aliyu-Paiko, M. and Hashim, R., 2014. Partial Replacement of Fish Meal with Poultry By-product Meal in Diets for Snakehead, (*Channa striata*) Fingerlings. *Journal of the Aquaculture Society*, 45(2): 233-241. DOI:10.1111/jwas.12112.

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. and Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. Aquaculture, 186(3-4): 293-310. DOI:10.1016/S00 44 -8486(99)00380-4

Amlashi, A.S., Falahatkar, B. and Sharifi, S.D., 2012. Dietary vitamin E requirements and growth performance ofyoung-of-the-year beluga, (*Huso huso* L.) (*Chondrostei*: Acipenseridae). *Archives of Polish Fisheries*, 20(4): 299-306. DOI: 10.2478/v10086-012-0034-y.

Bharadwaj, A.S., Brignon, W.R., Gould, N.L., Brown, P.B. and Wu, Y.V., 2002. Evaluation of meat and bone meal in practical diets fed to juvenile hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). Journal of the World Aquaculture Society, 33: 448-457. DOI:10. 1111/j.1749-7345.2002.tb00024.x

Billard, R. and Lecointre, G., 2001. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(4): 355–392. DOI:10.1023/A:1012231526151.

Bureau, D.P., Harris, A.M. and Cho, C.Y., 2000. Feather meals and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 181(3-4): 281-291. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00232-X

Couto, A., Barroso, C., Guerreiro, I., Pousão-Ferreira, P., Matos, E., Peres, H., Oliva-Teles, A. and Enes, P., 2016. Carob seed germ meal in diets for meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles: Growth, digestive enzymes, intermediary metabolism, liver and gut

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

histology. *Aquaculture*, 451: 396-404. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.10.007

Cruz-Suarez, L.E., Nieto-López, M.G., Guajardo, C. and Ricque-Marie, D., 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. *Aquaculture*, 272(1-4): 466-476. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007 .04.084.

Damusaru, J.H., Moniruzzaman, M., Park, Y. and Bai, S.U., 2018. Evaluation of fish meal analogue as partial fish meal replacement in the diet of growing Japanese eel (*Anguilla japonica*). Animal Feed Science and Technology, 247: 41-57. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2018.10.018.

Davis, D.A. and Arnold, C.R., 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (Litopenaeus *vannamei*). *Aquaculture*, 185: 291-298. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00354-3

El-sayed, A.F.M., 1994. Evaluation of soybean meal, spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerlings. *Aquaculture*, 127(2-3): 169–176. DOI: 10.1016/0044-8486(94)90423-5.

Fasakin, E.A., Serwata, T.R.D. and Davis, S.J., 2005. Comparative utilization of rendered animal derived products with or without composite mixture of soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Aquacultu re*, 249: 329-338. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.02.059

Fore, M., Frank, M., Norton, T., Svenssen, E., Alfredsen, J.A., Dempste, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Sunde, L.M., Schellewald, C., Skøien, K.R., Alver, M.O. and Berckmans, D., 2018. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Journal of Biosystems Engineering*, 173: 176-193. DOI:10.1016/j. biosystemseng.2017.10.014

Fowler, ??? 1991. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall Chinook salmon diets. *Aquaculture*, 99: 309-321. DOI:10.1016/0044-8486(91)90251-2.

Gatlin, D.M.III., Barrows, F.T. and Brown, P., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aqua feeds: a review. *Aquaculture Research*, 38(6): 551–579. DOI:10.1111/ j.1365-2109.2007.01704.x

Gaylord, T.B. and Barrows, F.T., 2009. Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeds. *Aquaculture*, 287(1-2): 180-184. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.10.037

Gaylord, T.G. and Rawles, S.D., 2005. The modification of poultry by-product meal for use in hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36(3): 363-374. DOI:10.1111/j.1749-7345.2005.tb00340.x

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13(1): 17–34. DOI:10.1111/j.1749-7345.2008.00220.x.

Gu, M., Bai, N., Zhang, Y. and Krogdahl, Å., 2016. Soybean meal induces enteritis in turbot (*Scophthalmus maximus*), at high supplementation levels. *Aquaculture*, 464: 286-295. DOI:10.1016/j.aquaculture.2016.06.035.

Guimarães, I.G., Miranda, E.C. and Araújo, J.G., 2014. Coefficients of total tract apparent digestibility of some feedstuffs for Tambaqui

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

(*Colossoma macropomum*). Animal Feed Science and Technology, 188: 150-155. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2013.11.007

Guo, J., Wang, Y. and Bureau, D.P., 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fishmeal substitutes in practical diets for cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture Nutrition*, 13(2): 81-87. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00456.x

Hu, M., Wang, Y., Luo, Z., Zhao, M., Xiong, B., Qian, X. and Zhao, Y., 2008. Evaluation of rendered animal protein ingredients for replacement of fish meal in practical diets for gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture Research*, 39(14): 1475–1482. DOI:10.1111/j. 1365-2109.2008.01994.x.

Jannathhulla, A., Kalanjima, R., Ambasankar, K., Muralidhar, M. and Dayal, J.S., 2019. Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. *Aquaculture Research*, 50(12): 3493-3506. DOI:10.1111/are.14324

Jiang, H.B., Chen, L.Q. and Qin, J.G., 2018. Fishmeal replacement by soybean, rapeseed and cottonseed meals in hybrid sturgeon (*Acipenser baerii* ♀× *Acipenser schrenckii* ♂). *Aquaculture Nutrition*, 24(4): 1369-1377. DOI:10.1111/anu.12674.

Jirsa, D., Barrows, F.T., Hardy, R.W. and Drawbridge, M., 2015. Alternative protein blends as a replacement for fish meal in diets for white sea bass (*Atactoscian nobilis*). *Aquaculture Nutrition*, 21(6): 861-967. DOI:10.1111/anu.12212.

Kissil, G.W. and Lupatsch, I., 2004. Successful replacement of fishmeal by plant proteins in diets for the gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Israeli Journal of Aquaculture Bamidghe*. 56: 188-199.

Kryuchkov, V.I. and Obukhov, D.K., 2006. Development of Juvenile Sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) reared under different light conditions, in akvakul'tura osetrovykh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya (Sturgeon Pisciculture: Advancements and Outlooks), Moscow: VNIRO. pp. 27-29. [In Russian].

Kureshy, N., Allen Davis, D. and Arnold, C.R., 2000. Partial Replacement of Fish Meal with Meat-and-Bone Meal, Flash-Dried Poultry By-Product Meal, and Enzyme-Digested Poultry By-Product Meal in Practical Diets for Juvenile Red Drum. *North American Journal of Aquaculture*, 62(4): 266-272. DOI:10.1577/1548-8454(2000)062<0266:PROFMW>2.0.CO;2

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. DOI:10.1111/j.1365-2095.2008.00634.x.

Martínez-Liorens, S., Baeza-Ariño, R., Nogales-Mérida, S., Jover-Cerdá, M. and Tomas-Vidal, A., 2012. Carob seed germ meal as a partial substitute in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Amino acid retention, digestibility, gut and liver histology. *Aquaculture*, 338: 124-133. DOI:0.1016/j.aquaculture.2012.01.029.

McLaughlin, P.A., 1983. Internal anatomy. In: Bliss D.E., Mantel, T.H. (Eds). The Biology of Crustacea. Academic Press, New York. pp.152-479.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

Milliamena, O.M., 2002. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper, (*Epinephelus coioides*). *Aquaculture*, 204(1-2): 75-84. DOI: 10 .1016/S0044-8486(01)00629-9.

Mohseni, M., Sayed Hassani, M.H., Pourali, H.R., Pourkazemim, M. and Bai, S.C., 2011. The optimum dietary carbohydrate / lipid ratio can spare protein in growing beluga (*Huso huso*). *Applied Ichthyology*, 27(2): 775-780. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2011.01706.x.

Murai, T.H., Akiyama, Y. and Nose, T., 1983. Effects of dietary pH and electrolyte concentration on utilization of crystalline amino acids by fingerling carp. *Journal of Nutrition*, 49(9): 1377-1380. DOI:10.2331/suisan.49.1377

Najafi, M., Falahatkar, B., Amlashi, A.S. and Tolouei Gilani, M.H., 2016. The combined effects of feeding time and dietary lipid levels on growth performance in juvenile beluga sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture Internationa l*, 25(1): 31-45.

Nengas, L., Alexis, M. and Davies, S.J., 1999. High inclusion levels of poultry meals and related by-product in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 179(1-4): 13 –23. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00148-9

NRC, 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academies Press, Washington, DC. 329 P.

Opstvedt, J., Aksnes, A., Hope, B. and Pike, I.H., 2003. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. *Aquaculture*, 221(1-4): 365–379. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00026-7.

Parés-Sierra, **G., Durazo, E., Ponce, M.A., Badillo, D., Correa-Reyes, G.C. and Viana, M.T., 2012.** Partial to total replacement of fishmeal by poultry by-product meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their effect on fatty acids from muscle tissue and the time required to retrieve the effect. *Aquaculture Research*, 45(9): 1459-1469. DOI:10.1111/are.12092.

Rawles, S.D., Riche, M., Gaylord, T.G., Webb, J., Freeman, D.W. and Davis, M., 2006. Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for hybrid striped bass (*Morone chrysops* ♀× *M. saxatilis* ♂) in recirculated tank production. *Aquaculture*, 259(1-4): 377–389. DOI:.1016/j.aquaculture 2006.05.053

Saoud, I.P., Rodgers, L.J., Davis, D.A. and Rouse, D.B., 2008. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture Nutrition*, 14(2): 139–142. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00513.x.

Silva, J.M.G., Espe, M., Conceicao, L.E.C., Dias, J. and Valente, L.M.P., 2009. Senegalese sole juveniles (*Solea senegalensis*) grow equally well on diets devoid of fish meal provided the dietary amino acids are balanced. *Aquaculture*, 296(3-4): 309-317. DOI:10.1016/j. *Aquaculture* .2009.08.031

Steffen, W., 1994. Replacing fish meal with poultry byproduct meal in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 124(1-4): 27–34. DOI:10.1016/0044-8486 (94) 90351-4.

Thompson, K.R., Metts, L.S., Muzinic, L.A., Dascupta, S., Webster, C.D. and Brady, Y.J., 2007. Use of turkey meal as a replacement for menhaden fish meal in practical diets for sunshine bass grown in cages. *North American*

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

Journal Aquaculture, 69(4): 351-359. DOI:10.1577/A07-007.1.

Toko, I.I., Fiogbe, E.D. and Kestemont, P., 2008. Growth, feed efficiency and body mineral composition of juvenile vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*, Valenciennes 1840) in relation to various dietary levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture Nutrition*, 14(3), 193-203. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00518.x

Turker, A., Yigit, M., Ergun, S., Karaali, B. and Erteken, A., 2005. Potential of poultry by-product meal as a substitute for fishmeal indiets for Black Sea turbot (*Scophthalmus maeoticus*): growth and nutrient utilization in winter. *Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, 57: 49-61.

Walton, M.J. and Cowey, C.B., 1982. Aspects of inter-mediary metabolism in salmonid fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73(1): 59-79. DOI:10.1016/0305-0491(82) 0201-2.

Xue, Q.Y., Wang, C.A., Zhang, Z.G. and Luo, L., 2012. Effects of replacement of fish meal by soy protein isolate on the growth, digestive enzyme activity and serum biochemical parameters for Juvenile Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Asian-Australasian Journal of Animal Science*s, 25(11), 1588-1594. DOI: 10.5713/ajas.2012.12192

Yazdani, M.H., Sayed Hassani, M.H., Pourkazemi, M., Shakorian, M. and Pourasadi, M., 2014. Influence of different levels of dietary choline on growth rate, body composition, hematological indices and liver lipid of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Applied Ichthyology*, 30: 1632-1636. DOI:10.1111/jai.12619.

Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y. and Wu, X., 2014. Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser Baerii* Brandt). *Aquaculture Nutrition*, 20(1), 69-78. DOI:10.1111/anu.12053.

Zhou, W., Xiong, J.X., Xiao, Q.J., Shao, O.N., Bergo, N. and Hua, Y., 2010. Optimum arginine requirementof juvenile black sea bream, Sparus microcephalus. *Aquaculture Research*, 41(10): 418-430. DOI:10.1111/j.1365-2109.2009.02474.x

Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X., Xue, M. and Niu, C., 2011. Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), results in performance equal to fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition*, 17(2): 389-395. DOI:10.1111/j.1365-2095.2010.00773.x.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]

Assessment of the effect of mixed replacement of animal and plant protein-based mixes on fish growth indices, body composition and somatic index of *Huso Huso*

Sayed Hassani H.M.[1*]; Sajjadi M.M. [2]; Falahatkar B.[2]; Yousefi, A[1]; Hossienpour A[1]; MAhseni H[1]; Ghorbani R[1]

[*]mirhamedhassani@yahoo.com

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

2- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University Guilan, Sowmeh Sara, Iran

Abstract

A mixture of vegetable and animal proteins (corn gluten, wheat gluten, processed soy flour, poultry by product, meat and bone meal and blood meal) that are chemically similar (protein, fat, carbohydrate and dry matter) and similar to amino acid profiles compred fish meal were replaced fish meal in diets with identical levels of protein (44%), energy (18 MJ /kg) at levels of 20, 40, 60 and 80% (MPP_{20}, MPP_{40}, MPP_{60} and MPP_{80}). Juvenile *Huso huso* with average weight of 167± 6.5 g were fed diets to saturation and their growth indices, carcass composition, hepatosomic and visceral indexes were studied. The final weight, final length, condition factor, weight gain, body weight precent, specific growth rate, daily growth, feed conversion ratio and protein efficiency ratio were not affectrd with diets ($p>0.05$). Carcass protein of fish fed MPP_{60} and MPP_{80} were significantly decreased compared to fish fed diet based on fish meal, while fish carcass fat increased significantly in these fish ($p<0.05$). There was no significant difference in hepatosomatic and visceral index in fish fed diets based on fish meal ($p>0.05$). The results of this experiment showed that it is possible to replace 80% of a mixture of animal and vegetable proteins with fish meal without adversely affecting growth indices, hepatosomal and visceral index of *Huso huso* in growth rate period.

Keywords*: Huso huso*, Animal and plant protein mix, Growth, Body composition, Hepatosomatic and Visceral index

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-01-15]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.15.0]