

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*) پرورسی

میرحامد سیدحسینی^{*}، 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 پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: آبان 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 (MPP₂₀، MPP₄₀، MPP₆₀ و MPP₈₀) 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 ۱۶۷±۶/۵ گرم در یک طرح بلوک تصادفی در ۱۵ وان 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 تأثیر 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 MPP₆₀ و MPP₈₀ به ترتیب 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 ($p > 0.05$). به نظر می‌رسد که جایگزینی ۸۰ درصد از مخلوط پروتئین‌های حیوانی و گیاهی به جای پودر ماهی بدون تأثیر 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، شاخص‌های رشد، شاخص‌های هپاتوسوماتیک و احشایی

*نویسنده مسئول

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 به شدت 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 حالی که پودر ماهی که منبع عمده پروتئین در جیره غذایی این گونه است، طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۹۰، ۲۱۰ درصد رشد داشته است (Jannathulla et al., 2019). این در حالی است که فیل ماهی در محیط طبیعی دارای دوره عمر طولانی (Billard and Lecointre, 2001) و دوره پروراندی 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 به جای این منبع گران قیمت در جیره غذایی آبزیان به عنوان 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 به شمار می‌آیند (Guimarães et al., 2008). کمبود اسیدآمینه‌های ضروری منجر به مصرف کمتر پروتئین و به تبع 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 پودر ماهی گردند و در سطوح بالا، تأثیر منفی بر رشد آبزیان دارند. بنابراین، استفاده از آنها به خصوص 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 به خصوص 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 اسیدهای آمینه 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., 2014; Yun et al., 2011; al., 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

به جیره اضافه شد (جدول ۲). در مرحله بعد با مراجعه به بانک اطلاعاتی، از میان منابع گیاهی (گلوتن ذرت، گلوتن گندم، سویای فرآوری شده) 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 پروتئین های 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 به نحوی طراحی شد که ترکیب های مورد نظر تا حد امکان از لحاظ ترکیب شیمیایی (پروتئین، چربی کربوهیدرات و ماده خشک) و پروفایل اسید آمینه به پودر ماهی کیلکا نزدیک باشد و کمبود اسیدهای آمینه و فسفر با استفاده از اسیدهای آمینه ضروری و دی کلسیم فسفات جبران (Jirsa et al., 2015) (جدول ۱) و در ادامه ترکیب مذکور در سطوح ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد جایگزین پودر ماهی گردید. جیره های غذایی به آزمایشگاه ارسال شد و با در دست داشتن ترکیب بیوشیمیایی و پروفایل اسید آمینه، میزان کمبود اسید آمینه و فسفر هر جیره جایگزین سنجیده و کمبود فسفر آن با دی کلسیم فسفات (Gaylord and Rawles, 2005) جبران شد (جداول ۳ و ۴).

ماهیان و نحوه پرورش

تعداد ۲۷۰ قطعه فیل ماهی ۱۳۹۷ در بخش آبی پروری موسسه تحقیقات تاسماهیان دریای خزر (روستای شاقاجی، رشت، استان گیلان) در تانک های فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری، با قطر ۱۰۵ سانتی متر، ۵۱ سانتی متر ارتفاع و حجم آب ۵۰۰ لیتر که با آب رودخانه سفیدرود و آب چاه نیمه عمیق با دبی ۴/۷۵ لیتر در دقیقه مشروب می گردید با میانگین وزن $167 \pm 6/5$ گرم به تعداد ۱۰ قطعه ماهی در هر تانک تقسیم و از جیره های 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 امکان پذیر می ساخت. نیم ساعت پس از غذا دهی، باقیمانده غذا از کف تانک ها سیفون و پس از خشک شدن در آن میزان غذای مصرفی ماهیان مشخص می شد. زیست سنجی در فواصل یک ماهه انجام گرفت.

پروتئین های گیاهی و جانوری به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبیان گوشت خوار، مطالعات اولیه نشان داده است که فیل ماهی برخلاف گونه های سردابی توانایی زیادی در جذب و هضم کربوهیدرات های پیچیده (۲۵-۳۵ درصد) (Mohseni et al., 2011) و منابع پروتئین حیوانی (سید حسنی و همکاران، ۱۳۹۲) دارد. همچنین قابلیت پرورش این گونه در تراکم های بالا (۲۵ کیلوگرم در متر مربع) و سرعت رشد حیرت آور آن، آن را گونه ای مناسب و قابل ترویج جهت پرورش در حوضچه های 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 می گردد (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 اسید آمینه به جای پودر ماهی، تاثیر منفی بر شاخص های 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 جیره ای 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 می تواند به راحتی 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) پیش ترکیب ویتامینی و معدنی به ترتیب ۲ و ۱ درصد (Mohseni et al., 2011) و ویتامین C و E ۰/۵ درصد (Amlashi et al., 2012)

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

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

جدول ۲: فرمولاسیون 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

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

(پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر) به آزمایشگاه ارسال گردید (Damusaru et al., 2018). همچنین کبد و امعاء و احشاء ماهیان به منظور بررسی شاخص‌های هیپاتوسوماتیک 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 هیپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه گردید (فلاحکار، ۱۳۹۴):

$$\text{Condition factor} = 100 \times (W_F / T_L^3) \quad (\text{Ronyai et al., 1990}) \quad (\text{شاخص چاقی})$$

$$T = \text{طول نهایی} \quad W_F = \text{وزن نهایی}$$

$$\text{Wiegth gain} = W_F - W_i \quad (\text{افزایش وزن})$$

$$W_i = \text{وزن اولیه} \quad W_F = \text{وزن نهایی}$$

$$\text{Percentage Body Wiegth Gain} = 100 \times (W_F - W_i) / (W_i)$$

$$W_i = \text{وزن اولیه} \quad W_F = \text{وزن نهایی}$$

$$\text{Specific Groewth Rate (\% / day)} = 100 \times [(\log W_F - \log W_i) / \text{Day}] \quad (\text{ضریب رشد ویژه})$$

$$\log W_i = \text{لگاریتم وزن اولیه} \quad \log W_F = \text{لگاریتم وزن نهایی}$$

$$[(\text{Wiegth gain}) / \text{Feed Protien}] \text{ Feed Efficiency Ratio} =$$

$$\text{Feed Protien} = \text{پروتئین خورده شده} \quad \text{Wiegth gain} = \text{افزایش وزن}$$

$$\text{Hepatosomatic Index (\%)} = 100 \times (\text{Liver Wiegth}) / (\text{Body Wiegth})$$

$$\text{Body Wiegth} = \text{وزن بدن} \quad \text{Liver Wiegth} = \text{وزن کبد}$$

$$\text{Visceral Index (\%)} = 100 \times (\text{Visceral Wiegth}) / (\text{Body Wiegth})$$

$$\text{Body Wiegth} = \text{وزن بدن} \quad \text{Liver Visceral} = \text{وزن کبد}$$

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 $\pm$ ۶۶۴/۹۳ و ۸۷/۵۲ $\pm$ ۴۶/۴۶ / ۵۵۴ گرم) تغذیه شده بودند.

آب مخازن به نصف کاهش و ماهیان پس از بیهوش شدن با پودر گل میخک (۱۵۰ ppm) (حلاجیان و همکاران، ۱۳۹۰) به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و با تخته بیومتری با دقت یک میلی‌متر زیست‌سنجی می‌شدند. دوره نوری محیط پرورش ۱۲ ساعت 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

روش تجربه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های آماری در نرم افزار Excel ثبت و مورد پردازش قرار گرفت. سپس نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون Kolmogorov-Smirnov، معنی دار 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 معنی دار

جدول ۳: پروفایل اسید آمینه جیره های مبتنی بر پودر ماهی و ترکیب پروتئین های 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	جیره ۲۰ درصد	جیره ۴۰ درصد	جیره ۶۰ درصد	جیره ۸۰ درصد
	(FM)	جایگزینی (MPP ₂₀)	جایگزینی (MPP ₄₀)	جایگزینی (MPP ₆₀)	جایگزینی (MPP ₈₀)	
هیستیدین	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	

مبتنی ترکیبی از پروتئین های جانوری و گیاهی در دامنه ۱/۳۶-۱/۳۲ قرار داشت که فاقد اختلاف معنی دار آماری با ضریب تبدیل غذای ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود ($p>0.05$). ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی دارای بیشترین نسبت بازده پروتئین (1.75 ± 0.23) بودند، ولی اختلاف معنی داری میان نسبت بازده پروتئین این ماهیان و ماهیان تغذیه شده با جیره های مبتنی بر پودر ضایعات مرغ مشاهده نشد ($p>0.05$). (جدول ۵).

تعیین ترکیب شیمیایی لاشه

میزان پروتئین کل لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM) 17.7 ± 0.14 درصد بود که فاقد اختلاف معنی دار آماری با جیره (MPP₄₀) 17.7 ± 0.14 (درصد) بود ($p>0.05$), اما با افزایش سطوح جایگزینی در جیره های MPP₆₀ و MPP₈₀ میزان پروتئین لاشه در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی به طور معنی داری کاهش یافت (16.87 ± 0.03 و 14.65 ± 0.14 درصد). بیشترین میزان پروتئین لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی MPP₂₀ بود که با مقدار پروتئین لاشه ماهیان سایر تیمارها دارای اختلاف معنی دار آماری بود ($p<0.05$).

اما دارای اختلاف معنی دار آماری به جیره مبتنی بر پودر ماهی نبودند ($p>0.05$). ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده از جیره های مختلف آزمایشی در دامنه $0.5-0.53$ قرار داشت و ماهیان تغذیه شده از جیره MPP₈₀ دارای کمترین ضریب چاقی بودند (0.49 ± 0.02), اما اختلاف معنی داری در ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده از جیره های مختلف غذایی مشاهده نشد ($p>0.05$). درصد افزایش وزن ماهیان تغذیه شده از جیره مبتنی بر پودر ماهی و جیره های جایگزینی در دامنه $29.8-68-24.4$ درصد قرار گرفت و فاقد اختلاف معنی دار آماری بود ($p>0.05$). بیشترین ضریب رشد ویژه 2 ± 0.73 درصد در روز) از آن ماهیان تغذیه شده از جیره مبتنی بر پودر ماهی (FM) بود، ضریب رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با جیره های مبتنی بر ترکیبی از پروتئین های جانوری و گیاهی در سطوح مختلف جایگزینی در دامنه $1.7-1.96$ درصد در روز قرار داشت ($p>0.05$). دامنه رشد روزانه در ماهیان تغذیه شده با جیره های مبتنی بر پودر ضایعات مرغ $5.7-7.5$ گرم در روز بود، ولی آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (Oneway Anova) و تست Tukey اختلاف معنی داری 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 (1.26 ± 0.23) ضریب تبدیل غذا در ماهیان تغذیه شده با جیره

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±۰/۰۶ ^a	۵۰/۷۷±۰/۸۵ ^a	۴۹/۶۹±۰/۱۶ ^a	۴۹/۳۲±۰/۰۹۶ ^a	۴۸/۰۹±۰/۰۶ ^a
(K) ضریب چاقی	۰/۵۱±۰/۰۰۱ ^a	۰/۵±۰/۰۰۸ ^a	۰/۵۳±۰/۰۱ ^a	۰/۵۲±۰/۰۰۵ ^a	۰/۴۹±۰/۰۰۲ ^a
درصد افزایش وزن (WG)	۲۹۸/۶۸±۲۰/۳۱ ^a	۲۸۷/۵±۱۴/۱ ^a	۲۹۳/۰۲±۱۴/۴ ^a	۲۷۳/۳۱±۱۷/۵ ^a	۲۴۴/۰۰±۳۷ ^a
(درصد در طول دوره)					
ضریب رشد ویژه (SGR)	۲/۰۰±۰/۰۷۳ ^a	۱/۹۶±۰/۰۵ ^a	۱/۹۸±۰/۰۵ ^a	۱/۹۲±۰/۰۶ ^a	۱/۷±۰/۰۱۶ ^a
(درصد در روز)					
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±۰/۰۱۴ ^a	۱/۳۶±۰/۰۱۵ ^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±۰/۰۸ ^a	۱/۳۶±۰/۰۱۵ ^a

FP: جیره مبتنی بر پودر ماهی

MPP₂₀: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۲۰ درصد

MPP₄₀: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۴۰ درصد

MPP₆₀: جیره مبتنی بر پروتئینهای گیاهی و جانوری در سطح جایگزینی ۶۰ درصد

MPP₈₀: 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).

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 هیپاتوسوماتیک و احشایی

اختلاف معنی‌داری در شاخص هیپاتوسوماتیک ماهیان مورد آزمایش مشاهده نشد (p>۰/۰۵). شاخص هیپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه شده مبتنی بر پودر ماهی ۳/۲±۰/۰۷ درصد و در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP₆₀ و MPP₈₀ به ۰/۶۶±۴/۴۵ و ۴/۳۵±۰/۵۷ درصد رسید. همچنین اختلاف معنی‌داری در شاخص احشایی ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی (۸/۷۳±۰/۷ درصد) با شاخص احشایی ماهیان سایر

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 MPP₂₀ و MPP₄₀ (۶/۳۵±۰/۲۱ و ۷/۰±۰/۱۴ درصد) بود (p>۰/۰۵). اما افزایش چربی در لاشه ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های تغذیه شده با جیره‌های MPP₆₀ و MPP₈₀ (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 MPP₂₀ و MPP₄₀ (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)

تیمارها مشاهده نشد ($p > 0.05$)، اما شاخص احشایی در ماهیان تغذیه شده با MPP_{60} و MPP_{80} (10.57 ± 0.21) و 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)	17.7 ± 0.14^b	73.0 ± 0.28^a	6.7 ± 0.07^{cd}	3.3 ± 0.14^c
جیره ۲۰ درصد جایگزینی (MPP_{20})	18.35 ± 0.21^a	72.7 ± 0.06^a	6.35 ± 0.21^d	3.95 ± 0.21^{bc}
جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	17.7 ± 0.14^b	72.1 ± 0.14^a	7.0 ± 0.14^c	4.06 ± 0.05^{bc}
جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	16.87 ± 0.03^c	71.2 ± 0.55^a	8.15 ± 0.07^b	4.15 ± 0.07^b
جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})	14.65 ± 0.14^d	71.7 ± 0.28^a	9.3 ± 0.28^a	3.17 ± 0.14^{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 هیپاتوسوماتیک 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 هیپاتوسوماتیک (درصد)	شاخص احشایی (درصد)
جیره شاهد (FM)	3.2 ± 0.07^a	8.7 ± 0.74^b
جیره ۲۰ درصد جایگزینی (MPP_{20})	4.11 ± 0.75^a	9.46 ± 0.79^{ab}
جیره ۴۰ درصد جایگزینی (MPP_{40})	3.83 ± 0.52^a	9.26 ± 1.25^{ab}
جیره ۶۰ درصد جایگزینی (MPP_{60})	4.45 ± 0.66^a	10.14 ± 0.45^a
جیره ۸۰ درصد جایگزینی (MPP_{80})	4.35 ± 0.57^a	10.57 ± 0.21^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 هیپاتوسوماتیک 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 معنی داری 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

(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 و ۴۰ درصد پودر گلوتن گندم) در سطح پروتئین ۴۰ درصد و دو جیره در سطح پروتئین ۳۶ درصد مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های گیاهی همراه با مکمل‌های اسید آمینه (متیونین، لایزین و ترئونین) گزارش شد و به نظر 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 MPP₆₀ و MPP₈₀ به طور معنی‌داری کمتر از ماهیان تغذیه شده با جیره مبتنی بر پودر ماهی بود ($p < 0.05$)، که به نظر می‌رسد به رغم بالانس پروفایل ده آمینواسید ضروری در جیره‌های جایگزین به خصوص 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 در نهایت 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 و ۲۰ درصد

($p < 0.05$). 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 اسید آمینه 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 (Allan et al., 2000) و سوف نقره‌ای استرالیایی (Kureshy 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 اسید آمینه کریستاله تغذیه شده بودند، افزایش وزن بیشتری داشتند. نتایج مشابهی از Yun و همکاران

پودر هیدرولیز شده) و عدم تاثیر بر چربی لاشه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) با وزن $28/9 \pm 0/2$ (گرم) می باشد. اما گزارش‌هایی نیز از EL-sayed (۱۹۹۴) در خصوص افزایش جایگزینی پودر ضایعات مرغ و سطوح بالاتر چربی لاشه در تیلاپای نیل و سیم دریایی نقره‌ای، Steffen (۱۹۹۴) در قزل‌آلای رنگین کمان و افزایش چربی لاشه به همراه 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 به دست آمده در آزمایش حاضر است. در کل احتمالاً اختلاف در نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر و این آزمایش‌ها را می‌توان به علت اختلاف در کیفیت پروتئین‌های حیوانی به کار 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 هیپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی در سطوح جایگزینی ۶۰ و ۸۰ درصد ($4/45 \pm 0/57$ و $4/45 \pm 0/66$) درصد مشاهده شد ($p > 0/05$) که با نتایج Liu و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تاسماهی سبیری 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 به جای پودر ماهی هماهنگ است و شاخص‌های هیپاتوسوماتیک و احشایی ($3/02 \pm 0/16$ و $7/84 \pm 0/2$ درصد) بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار آماری افزایش یافت. روند مشابهی نیز در شاخص احشایی مشاهده شد به طوری که با افزایش جایگزینی شاخص احشایی ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} به $10/57 \pm 0/21$ و $8/73 \pm 0/7$ درصد رسید، هر چند که در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید ($p > 0/05$)، اما میانگین چربی احشایی به دست آمده در این مطالعه ($9/12 \pm 0/72$ درصد) تقریباً بیشتر از چربی احشایی گزارش شده در مطالعات Liu و همکاران (۲۰۰۹) در تاسماهی سبیری ۲۸ گرمی ($7/84 \pm 0/72$ درصد) تغذیه شده با ترکیبی از پروتئین‌های جانوری در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد و کمتر از شاخص احشایی تاسماهی هیبرید (*Acipenser*

پودر هیدرولیز شده) و عدم تاثیر بر چربی لاشه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) با وزن $28/9 \pm 0/2$ (گرم) می باشد. اما گزارش‌هایی نیز از EL-sayed (۱۹۹۴) در خصوص افزایش جایگزینی پودر ضایعات مرغ و سطوح بالاتر چربی لاشه در تیلاپای نیل و سیم دریایی نقره‌ای، Steffen (۱۹۹۴) در قزل‌آلای رنگین کمان و افزایش چربی لاشه به همراه 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 به دست آمده در آزمایش حاضر است. در کل احتمالاً اختلاف در نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر و این آزمایش‌ها را می‌توان به علت اختلاف در کیفیت پروتئین‌های حیوانی به کار 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 هیپاتوسوماتیک ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مبتنی بر ترکیبی از پروتئین‌های جانوری و گیاهی در سطوح جایگزینی ۶۰ و ۸۰ درصد ($4/45 \pm 0/57$ و $4/45 \pm 0/66$) درصد مشاهده شد ($p > 0/05$) که با نتایج Liu و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تاسماهی سبیری 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 به جای پودر ماهی هماهنگ است و شاخص‌های هیپاتوسوماتیک و احشایی ($3/02 \pm 0/16$ و $7/84 \pm 0/2$ درصد) بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار آماری افزایش یافت. روند مشابهی نیز در شاخص احشایی مشاهده شد به طوری که با افزایش جایگزینی شاخص احشایی ماهیان تغذیه شده با جیره‌های MPP_{60} و MPP_{80} به $10/57 \pm 0/21$ و $8/73 \pm 0/7$ درصد رسید، هر چند که در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید ($p > 0/05$)، اما میانگین چربی احشایی به دست آمده در این مطالعه ($9/12 \pm 0/72$ درصد) تقریباً بیشتر از چربی احشایی گزارش شده در مطالعات Liu و همکاران (۲۰۰۹) در تاسماهی سبیری ۲۸ گرمی ($7/84 \pm 0/72$ درصد) تغذیه شده با ترکیبی از پروتئین‌های جانوری در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰ درصد و کمتر از شاخص احشایی تاسماهی هیبرید (*Acipenser*

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 آقای دکتر علیرضا شناور ماسوله جهت تامین منابع مالی و سخت افزاری اجرای آزمایش صمیمانه سپاسگزاری می نمایند. نگارندگان همچنین مراتب سپاسگزاری خود را از کلیه همکاران بخش‌های آبرزی پروری 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.

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

- 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/S0044-8486(99)00380-4
- Amlashi, A.S., Falahatkar, B. and Sharifi, S.D., 2012. Dietary vitamin E requirements and growth performance of young-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
- علمی شیلات ایران، ۲۹(۱): ۱۶۵-۱۵۳. DOI:10.22092/ISFj. 2019.120664
- سیدحسینی، 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 پودر ماهی 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، ون.، ۱۳۷۴. تکنولوژی پرورش گوشتی تاسماهی ایرانی در وان‌های فایبرگلاس با استفاده از غذاهای مصنوعی. ترجمه صدایی، 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 تأثیر آن بر عملکرد رشد، قابلیت هضم، برخی پارامترهای خونی و سطح هورمون‌های تیروئیدی تاسماهی سبیری (*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.، سیدحسینی، 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.

- 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. *Aquaculture*, 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

- (*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
- Jannathulla, 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 (*Atactoscion 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 osetrovyykh 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:10.1016/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.

- 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 International*, 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:10.1016/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*

- 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 Sciences*, 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 requirement of 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.

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, A¹; Hossienpour A¹; MAhseni H¹; Ghorbani R¹

*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 compared 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% (MPP₂₀, MPP₄₀, MPP₆₀ and MPP₈₀). Juvenile *Huso huso* with average weight of 167± 6.5 g were fed diets to saturation and their growth indices, carcass composition, hepatosomatic and visceral indexes were studied. The final weight, final length, condition factor, weight gain, body weight percent, specific growth rate, daily growth, feed conversion ratio and protein efficiency ratio were not affected with diets (p>0.05). Carcass protein of fish fed MPP₆₀ and MPP₈₀ 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, hepatosomatic 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