

جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات طیور و تأثیر آن بر عملکرد رشد، نرخ بقا و شاخص های خونی بچه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii* (Brandt, 1869)

بلال مولودی نیا^۱، حمید علوف نوریان^{*}، میر مسعود سجادی^۱

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، صندوق پستی ۱۱۴۴

تاریخ دریافت: ۹ تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۷ مهر ۱۳۹۶

چکیده

هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیرات جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات طیور بر عملکرد رشد، نرخ بقا و شاخص های خونی بچه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) بود. تعداد ۱۳۵ قطعه بچه تاسماهی سبیری با میانگین وزن اولیه ($\pm$ خطای استاندارد) $169/4 \pm 2/39$ گرم در ۱۵ مخزن فایبر گلاس ۵۰۰ لیتر در درجه حرارت با میانگین $18/54 \pm 0/53$ سانتی گراد، به مدت ۹ هفته با پنج جیره حاوی سطوح جایگزینی صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آرد ماهی با پودر ضایعات طیور تغذیه شدند. در پایان، شاخص های رشد و خونی مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از لحاظ عملکرد رشد تفاوت معنی دار آماری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد ($P > 0/05$). تعداد گلبول های قرمز، گلبول های سفید، هموگلوبین، هماتوکریت، مونوسیت، ائوزینوفیل و همچنین شاخص های MCV، MCH و MCHC تفاوت معنی دار بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > 0/05$). ولی تعداد لنفوسیت ها و نوتروفیل ها دارای اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف بودند ($P < 0/05$). نرخ بازماندگی در تمامی تیمارها ۱۰۰ درصد بود. نتایج این مطالعه نشان داد که ضایعات طیور را می توان تا میزان ۸۰ درصد جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی بچه ماهیان تاسماهی سبیری نمود بدون اینکه تأثیر منفی بر عملکرد رشد، نرخ بقا و شاخص های خونی داشته باشد.

کلمات کلیدی: آرد ماهی، ضایعات طیور، کارایی رشد، ماهیان خاویاری.

مقدمه

آرد ماهی یک ماده گران قیمت در تغذیه آبزیان بوده و جایگزینی آن با مواد غذایی ارزان قیمت با منشأ حیوانی یا گیاهی امری ضروری است (Wang et al., 2012). به طور ویژه گونه‌هایی که در بالاترین قسمت زنجیره غذایی قرار دارند از جمله ماهیان گوشت خوار و به میزان کمتر ماهیان همه چیزخوار و سخت پوستان، بیشترین وابستگی را به آرد ماهی و روغن ماهی دارند (Hardy and Tacon, 2002). بخش زیادی از پروتئین موجود در غذای تجاری آبزیان از طریق آرد ماهی تأمین می‌شود، ولی از آنجایی که استفاده از این منبع پروتئینی با محدودیت همراه است لذا مطالعاتی جهت جایگزین نمودن آرد ماهی صورت گرفته است. دانه‌های غلات، کنجاله دانه‌های روغنی، ضایعات کارخانه‌های عمل‌آوری فرآورده‌های حیوانی، ضایعات عمل‌آوری فرآورده‌های دریایی و صید ضمنی از مهم‌ترین فرآورده‌های پروتئینی گیاهی و حیوانی به منظور جایگزینی با آرد ماهی به شمار می‌روند (Ustaoglu and Rennert 2002; Yuyu et al., 2010; Zhu et al., 2011; Yun et al., 2014; Hu et al., 2013). مطالعات مختلفی در زمینه جایگزینی برخی منابع حیوانی در تاسماهی سبیری نظیر جایگزینی آرد ماهی با پودر کرم خاکی روی تاسماهی سبیری توسط (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴) انجام شد و نتایج نشان داد که استفاده از پودر کرم خاکی تا سطح ۲۰ درصد سبب بهبود شاخص‌های رشد می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر جایگزینی بخشی از پروتئین حیوانی با پودر سویا و مکمل آمینواسید در جیره غذایی تاسماهی سبیری که توسط Ronyai و همکاران (۲۰۰۲) انجام گرفت نشان داد که جایگزینی این مواد در جیره غذایی سبب بهبود

عملکرد رشد می‌گردد. جایگزینی آرد ماهی با مخلوطی از پروتئین حیوانی در جیره تاسماهی سبیری توسط Zhu و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که استفاده مخلوطی از پروتئین حیوانی (شامل ۴۰ درصد پودر گوشت و استخوان، ۴۰ درصد پودر ضایعات طیور، ۲۰ درصد پودر هیدرولیز شده) تا سطح ۲۵ درصد سبب بهبود کارایی تغذیه ماهی می‌گردد.

پودر ضایعات طیور یکی از مهم‌ترین منابع حیوانی مورد استفاده در غذای حیوانات اهلی در کنار پودر گوشت و استخوان، پودر خون، پودر پر و آرد ماهی است (Meeker et al., 2009). این محصول از ترکیب ضایعات به دست آمده از کشتارگاه‌های صنعتی ماکیان به دست می‌آید. بر اساس تعاریف ارائه شده از اداره کنترل غذای ایالات متحده آمریکا (Association of American Feed Control Officials; AAFCO) پودری است که از بقایای غیرقابل استفاده ماکیان سلاخی شده نظیر نوک، سر، پا، تخم‌های نرسیده، سنگدان و روده و احیاناً مقدار اجتناب‌ناپذیری پر به دست می‌آید (AAFCO Cited by Watson, 2006). این محصول دارای پروتئین بالا (۵۵ تا ۶۷ درصد) و از پروفیل آمینواسید نسبتاً مناسبی در تغذیه ماهیان پرورشی برخوردار است (Gaylord and Rawles, 2005). پودر ضایعات طیور بدون افزودن مکمل آمینواسید به آن توانسته به میزان ۷۵ درصد جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی سیم دریایی سرتیز (*Sparus aurata* L) (Nengas et al., 1999) و تا ۱۰۰ درصد جایگزین آرد ماهی در جیره سیم دریایی قرمز (*Pagrus major*) (Takagi et al., 2000) گردد. همچنین پودر ضایعات طیور توانست جایگزین سهم نیمی از آرد ماهی در گونه‌های مارماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*)

(Gallagher and Degani, 1988)، ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) (Fowler, 1991)، کفشک دریای سیاه (*Psetta maeotica*) (Yigit et al., 2006) و هامور گوژپشت (*Cromileptes altivelis*) (Shapawi et al., 2007) بشود. تاسماهی سیری (*Acipenser baerii*) گونه‌ای از تاسماهیان است که به دلیل سرعت رشد بالا در شرایط پرورشی و دامنه تحمل تغییرات دمایی، تولید خاویار در سن کم، در سراسر جهان به منظور تولید گوشت و خاویار مورد استفاده قرار می‌گیرد (Adamek et al., 2007; Hamlin et al., 2011). این گونه ساکن آب‌های نواحی مصب و دلتای رودخانه‌های سیری است و منابع غذایی اصلی این ماهیان را آمفی پودها، ایزوپودها، لارو شیرونومیده و پلی کیت‌ها تشکیل می‌دهد (Holčik, 1989).

همان گونه که ذکر شد پودر ضایعات طیور از نظر اقتصادی، در دسترس بودن و خوش خوراک بودن گزینه مناسبی برای جایگزینی بجای آرد ماهی در جیره غذایی تاسماهی سیری محسوب می‌شود. لذا این تحقیق جهت تعیین سطح مناسب پودر ضایعات فرعی طیور در جیره غذایی تاسماهی سیری به عنوان منبع پروتئینی و تأثیر آن بر عملکرد رشد، نرخ بقا و شاخص‌های خونی بچه ماهیان سیری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه از مهر تا آذرماه ۱۳۹۵ در موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر واقع در استان گیلان طی مدت ۹ هفته انجام شد. بچه تاسماهیان سیری مورد مطالعه، از موسسه تحقیقات بین المللی

تاسماهیان دریای خزر تحویل گرفته شدند. قبل از شروع بخش اصلی مطالعه، بچه ماهیان جهت سازگاری با شرایط جدید به مخازن فایبرگلاس انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد (جدول ۱) تغذیه شدند. پس از پایان مدت سازگاری، ۱۳۵ قطعه بچه تاسماهی سیری با میانگین وزن اولیه ($\pm$ خطای استاندارد) $2/39 \pm 169/4$ گرم و به تعداد ۹ عدد در هر مخزن، بین ۱۵ مخزن فایبرگلاس، به ظرفیت ۵۰۰ لیتر (با حجم آبگیری ۴۸۰ لیتر) در قالب طرح کاملاً تصادفی توزیع شدند. آب مورد نیاز مطالعه حاضر از چاه تأمین می‌شد. در طی انجام مطالعه، دبی آب ورودی به مخازن پرورشی به طور متوسط $9/41 \pm 0/48$ لیتر در هر دقیقه بود. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل درجه حرارت آب به صورت روزانه، اکسیژن محلول و pH به صورت دو بار در هفته به ترتیب با استفاده از دماسنج دیجیتال و دستگاه اکسی-پی اچ متر دیجیتال (WTW 340, Weilheim, Germany) اندازه گیری و ثبت گردید. میانگین دمای آب در طی مطالعه $18/54 \pm 0/53$ سانتی گراد، اکسیژن محلول $6/89 \pm 0/19$ میلی گرم در لیتر و pH آب $8/09 \pm 0/01$ بود.

طراحی آزمایش و تغذیه

برای بررسی تأثیر جایگزینی سطوح مختلف آرد ماهی توسط پودر ضایعات طیور در جیره غذایی، بر عملکرد رشد و ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان تاسماهی سیری، پنج تیمار غذایی تهیه شد. در تیمارهای یک (PBM0)، دو (PBM20)، سه (PBM40)، چهار (PBM60) و پنج (PBM80) به ترتیب میزان ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آرد ماهی توسط پودر ضایعات طیور جایگزین شد. تیمارهای غذایی از لحاظ میزان پروتئین و انرژی یکسان بودند

(میانگین پروتئین خام ۴۱/۲۲ درصد و انرژی ۱۹ مگاژول بر کیلوگرم). اقلام موردنیاز در این مطالعه از شرکت خوراک دام مازندران (ساری، مازندران) و شرکت تولید خوراک دام اتحاد گیلان (رشت، گیلان) خریداری شد. در سالن غذا سازی ابتدا اقلام توسط آسیاب به خوبی آسیاب شدند، سپس با استفاده از الک (۵۰۰ میکرونی) ذرات درشت و ناخالصی های آنها جدا شد. در پایان، فرمولاسیون و آنالیز مواد مغذی تیمارهای مختلف (جدول ۱) توسط نرم افزار UFFDA (آمریکا) و بر اساس نیازمندی بچه تاسماهی سبیری در محدوده وزن حاضر انجام گرفت (Hung et al., 1995; Medale et al., 1991). در مرحله ساخت جیره های آزمایشی، ابتدا مقادیر موردنیاز از اقلام با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین شد. سپس اقلامی که درصد کمتری را در جیره تشکیل می دادند با یکدیگر به خوبی مخلوط شده و مخلوط حاصل با اقلام با حجم بیشتر مخلوط می شدند. در پایان به مخلوط حاصل مقدار ۳۰-۲۵ درصد جیره آب به صورت متوالی اضافه شد تا اینکه یک مخلوط خمیری همگن به دست آمد. بعد از این عمل، مخلوط حاصل طی دو مرحله با استفاده از چرخ گوشت (پارس خزر، مدل MG 1400 ساخت ایران) با اندازه چشمه های ۳ و ۴/۵ میلی متر با توجه به تغییر سایز دهان ماهیان طی رشد، چرخ شد. رشته های چرخ شده روی سینی پخش شده و برای خشک شدن در داخل دستگاه خشک کن و به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و در مجاورت باد پنکه قرار داده شد. پس از اتمام مرحله خشک کردن، اندازه رشته ها به پلت های کوچک شکسته شدند. در پایان، جیره ها بسته بندی، شماره گذاری و در فریزر ۲۰- درجه سانتی گراد

نگهداری شد (Lovell, 1989). غذادهی به ماهیان به صورت دستی و روزانه در سه نوبت (ساعات ۸:۰۰، ۱۴:۰۰ و ۱۸:۰۰) انجام شد. هرروز قبل از اولین غذادهی، آب حوضچه ها با برداشتن سر لوله های خروجی به میزان ۵۰ درصد سیفون و تعویض می شد تا فضولات خارج شود.

اندازه گیری فاکتورهای رشد

در ابتدا و طی مدت ۹ هفته مطالعه، هر ۳ هفته یکبار زیست سنجی انجام شد، به این ترتیب که ۲۴ ساعت قبل از زیست سنجی غذادهی قطع می شد تا دستگاه گوارش ماهیان تخلیه شود. سپس ماهیان موجود در هر حوضچه با احتیاط توسط ساچوک صید می شدند. به منظور کاهش استرس با استفاده از محلول پودر گل میخک (دوز ۲۵۰ ppm) (Akhlaghi and Mirab Brujerdi, 1999) بیهوش و زیست سنجی صورت می گرفت. جهت اندازه گیری وزن و طول هرماهی به ترتیب از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم و تخته زیست سنجی با دقت یک میلی متر استفاده شد. در پایان آزمایش به منظور بررسی عملکرد رشد و کارایی غذایی تیمارهای مختلف، شاخص هایی مانند وزن نهایی (FW) و طول نهایی (TL) اندازه گیری شدند و سپس شاخص های وزن به دست آمده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ کارایی چربی (PER)، نرخ کارایی چربی (LER)، فاکتور وضعیت (CF) و نرخ بقا (SR) از طریق رابطه های زیر محاسبه شدند (Hung et al., 1991; Deng et al., 2003).

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

وزن اولیه (گرم) / (وزن اولیه (گرم) -) = BWI (%)

۱۰۰ × [وزن نهایی (گرم)]

گلوبول‌های قرمز در یک میلی‌متر مکعب خون است. برای شمارش گلوبول‌های سفید در یک میلی‌متر مکعب نیز نمونه خون به نسبت ۱ به ۵۰ با محلول Lewis رقیق شد و تعداد گلوبول‌های سفید را در ۴ مربع بزرگ کناری لام نئوبار شمارش و در ضریب ۵۰ ضرب شد. برای تعیین درصد افتراقی، پس از تهیه گسترش خونی، از روش رنگ‌آمیزی گیمسا با تکیه بر خواص متفاوت رنگ‌پذیری انواع مختلف گلوبول‌های سفید استفاده شد. سپس تعداد هر نوع از گلوبول‌های سفید شامل لنفوسیت، مونوسیت، نوتروفیل، ائوزوفیل از میان ۱۰۰ گلوبول سفید شمارش شده، مشخص شد (Houston, 1990).

اندازه‌گیری غلظت هموگلوبین (Hb) در واحد گرم در دسی‌لیتر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (Colorimetric) با معرف درابکین (سیانومت هموگلوبین) و در دستگاه اسپکتروفوتومتر (New Jersey, Unico, آمریکا) در طول موج ۵۴۰ نانومتر و با استفاده از منحنی استاندارد انجام شد. در این روش مقدار ۲۰ میکرو لیتر از خون همگن را با ۵ میلی‌لیتر محلول درابکین در لوله آزمایش مخلوط شد و بعد از مدت ۱۰ دقیقه نگهداری در محیط تاریک، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر میزان جذب نور توسط نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و به وسیله منحنی استاندارد مقدار هموگلوبین بر اساس گرم بر دسی‌لیتر تعیین شد. برای تعیین درصد هماتوکریت، لوله‌های مویین (لوله هماتوکریت) به مقدار دوسوم از خون ماهی پر شد و سپس این انتهای لوله‌ها با قرار گرفتن در خمیر هماتوکریت مسدود شد. در ادامه لوله‌های هماتوکریت در دستگاه میکروسانتریفیوژ (Nuve, ترکیه) با سرعت ۱۴۰۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد و بعد از اتمام سانتریفیوژ با استفاده از خط کش مخصوص

طول Ln - وزن نهایی (گرم) (Ln) $SGR (\%/day) = [$
 $100 \times [$ دوره پرورش (روز) $/$ (وزن اولیه (گرم)

وزن تر / مقدار غذای مصرفی (گرم) $FCR =$
 به‌دست آمده (گرم)

پروتئین / وزن تر به‌دست آمده (گرم) $PER =$
 مصرف شده (گرم)

چربی / وزن تر به‌دست آمده (گرم) $LER =$
 مصرف شده (گرم)

$CF = [$ (۳ طول کل (سانتی‌متر) / وزن ماهی (گرم)) $]$
 ۱۰۰

تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان $SR (\%) = [$
 ۱۰۰ $\times$ [در انتهای دوره

اندازه‌گیری شاخص‌های خونی

بعد از پایان دوره آزمایش و به‌منظور تعیین شاخص‌های خونی که شامل تعداد گلوبول‌های قرمز (RBC)، تعداد گلوبول‌های سفید (WBC)، غلظت هموگلوبین (Hb)، درصد هماتوکریت (Hct)، شمارش افتراقی گلوبول سفید، متوسط میزان هموگلوبین به ازای هر گلوبول قرمز (MCH)، متوسط غلظت هموگلوبین به ازای هر گلوبول قرمز (MCHC) و متوسط حجم هر گلوبول قرمز (MCV) بودند، از هر تکرار آزمایش ۴ عدد بچه ماهی تاسماهی سبیری را پس از بیهوش کردن با دوز ۲۵۰ ppm پودر گل میخک، خشک کرده و با استفاده از سرنگ ۲ میلی‌لیتری آغشته به ۱۰ میکرو لیتر هپارین، از ناحیه ساقه دم به میزان ۱/۵ میلی‌لیتر خون‌گیری به عمل آمد. برای شمارش تعداد گلوبول‌های قرمز، مقداری از خون به نسبت ۱ به ۲۰۰ با محلول Lewis رقیق‌سازی شد و تعداد گلوبول‌های قرمز در ۵ مربع میانی متوسط لام نئوبار شمارش و باهم جمع و در عدد ۱۰۰۰۰ ضرب شد. عدد به‌دست آمده بیانگر تعداد

$$\text{MCV(fl)} = [\text{Hct} (\%) / \text{RBC} (10^{-6} \text{ mm}^{-3})] \times 10$$

$$100 \text{ MCH (pg/cell)} = [\text{Hb(g/dl)} / \text{RBC} (10^{-6} \text{ mm}^{-3})] \times$$

$$\text{MCHC (g/dl)} = [\text{Hb(g/dl)} / \text{Hct} (\%)] \times 100$$

طول ستون گلبول قرمز نسبت به طول کل خون
اندازه گیری شد و مقدار هماتوکریت برحسب درصد
به دست آمد (Rehulka, 2000). شاخص های خونی
MCV، MCH و MCHC از طریق رابطه زیر محاسبه
شدند (Houston, 1990):

جدول ۱: ترکیبات و آنالیز تقریبی جیره های مورد استفاده در مطالعه حاضر

سطوح جایگزینی پودر ضایعات طیور					اقلام جیره*
PBM80	PBM60	PBM40	PBM20	PBM0	
۱۰/۶	۲۱/۲	۳۱/۸	۴۲/۴	۵۳	آرد ماهی کیلکا
۴۲/۴	۳۱/۸	۲۱/۲	۱۰/۶	۰	پودر ضایعات طیور ^۱
۱۳	۱۵	۱۶	۱۸	۱۹	آرد گندم
۱۸	۱۶	۱۵	۱۳	۱۲	آرد سویا
۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	روغن ماهی
۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۶۰	روغن سویا
۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	مکمل ویتامینه ^۲
۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	۲/۱۰	مکمل معدنی ^۳
۳	۳	۳	۳	۳	لسیتین
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	ملاس
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	ضد قارچ ^۴
۴۱/۱۷	۴۱/۰۷	۴۱/۲۹	۴۱/۱۹	۴۱/۴۰	پروتئین خام (%)
۱۵/۸۹	۱۵/۴۵	۱۵/۰۱	۱۴/۵۷	۱۴/۴	چربی خام (%)
۹/۱۵	۹/۱۶	۹/۱۸	۹/۲۰	۹/۲۵	رطوبت (%)
۱۰/۹۳	۱۰/۷۸	۱۰/۶۷	۱۰/۵۳	۱۰/۴۴	خاکستر (%)
۱۸/۰۹	۱۸/۴۶	۱۸/۸۴	۱۹/۲۱	۱۹/۵۹	انرژی ناخالص (MJ/kg) ^۵

PBM مخفف poultry by-product meal یا پودر ضایعات طیور است.

* شرکت خوراک دام مازندران (ساری، ایران).

^۱ تهیه شده از شرکت تولید خوراک دام اتحاد گیلان (رشت، گیلان).

^۲ شرکت خوراک دام مازندران (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی ویتامین ۶۰۰۰ IU D3، ویتامین ۹۰۰۰ IU A، ویتامین K3 ۱۵ میلی گرم، ویتامین E ۶۰۰ میلی گرم، تیامین ۴۵ میلی گرم، ریبوفلاوین ۷۵ میلی گرم، اینوزیتول ۳۵۰ میلی گرم، سیانو کوبالامین ۱۲۰ میلی گرم، پانتوتیک اسید ۱۳۵ میلی گرم، ویتامین C ۷۸۰ میلی گرم، نیاسین ۴۵۰ میلی گرم، فولیک اسید ۳۴ میلی گرم، بیوتین ۳ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۸۷ میلی گرم.

^۳ شرکت خوراک دام مازندران (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی کولین کلراید ۱۷۵۰ میلی گرم، مس ۱۱ میلی گرم، آهن ۵۶ میلی گرم، روی ۹۲ میلی گرم، منیزیم ۳۴ میلی گرم، ید ۳ میلی گرم، سلنیوم ۰/۷۵ میلی گرم، کبالت ۰/۸ میلی گرم.

^۴ بیوتکس (Biotox)، شرکت آراین دام البرز (البرز، ایران).

^۵ انرژی برحسب مگا ژول بر کیلوگرم جیره (1 MJ/kg = 239.006 Kcal/kg).

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری از نرم افزار SPSS (Version 22) استفاده شد. برای کنترل نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و برای کنترل همگنی واریانس ها از آزمون Levene استفاده گردید. همچنین جهت مشخص نمودن اختلاف میانگین بین سطوح مختلف پودر ضایعات طیور، از آزمون واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین ها، از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. سطح معنی داری در این آنالیز، $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج داده های مربوط به رشد در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص های وزن نهایی (FW)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، وزن به دست آمده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، طول نهایی (TL)، فاکتور وضعیت (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR) و غذای مصرف شده (g/fish) اختلاف معنی داری بین تیمارها نشان نداد ($P > 0.05$). از لحاظ کارایی غذا نیز تیمار PBM0 بهترین ضریب تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین را نشان دادند. بیشترین درصد بقا در همه تیمارها ۱۰۰ درصد بود و تلفاتی در طی مطالعه مشاهده نشد.

جدول ۲: عملکرد رشد و کارایی غذایی بچه تاسماهی سبیری تغذیه شده با سطوح مختلف پودر ضایعات طیور پس از ۹ هفته آزمایش (میانگین $\pm$ خطای استاندارد).

سطوح مختلف پودر ضایعات طیور					شاخص های رشد
PBM80	PBM60	PBM40	PBM20	PBM0	
$169/69 \pm 2/30$	$172/06 \pm 0/39$	$170/22 \pm 4/79$	$168/92 \pm 1/79$	$166/30 \pm 2/14$	وزن اولیه (g)
$406/07 \pm 12/88$	$388/61 \pm 18/16$	$406/53 \pm 32/07$	$385/33 \pm 7/37$	$401/84 \pm 16/89$	وزن نهایی (g)
$236/37 \pm 10/59$	$216/54 \pm 17/82$	$236/30 \pm 27/86$	$216/42 \pm 7/42$	$235/53 \pm 18/60$	وزن به دست آمده (g)
$139/18 \pm 4/32$	$125/80 \pm 10/12$	$138/23 \pm 13/12$	$128/16 \pm 4/78$	$141/91 \pm 12/89$	درصد افزایش وزن بدن
$38/43 \pm 0/41$	$39/24 \pm 0/10$	$38/91 \pm 0/54$	$39/17 \pm 0/46$	$39/00 \pm 0/22$	طول اولیه (cm)
$47/58 \pm 0/87$	$49/43 \pm 0/44$	$48/31 \pm 1/03$	$47/89 \pm 0/40$	$48/39 \pm 0/73$	طول نهایی (cm)
$0/37 \pm 0/01$	$0/32 \pm 0/01$	$0/36 \pm 0/00$	$0/35 \pm 0/00$	$0/35 \pm 0/00$	فاکتور وضعیت
$1/64 \pm 0/03$	$1/53 \pm 0/08$	$1/63 \pm 0/10$	$1/53 \pm 0/03$	$1/66 \pm 0/09$	نرخ رشد ویژه (%/day)
$1/88 \pm 0/09$	$1/91 \pm 0/08$	$1/84 \pm 0/14$	$1/94 \pm 0/09$	$1/75 \pm 0/12$	ضریب تبدیل غذایی
$0/14 \pm 0/00$	$0/14 \pm 0/00$	$0/14 \pm 0/01$	$0/13 \pm 0/00$	$0/15 \pm 0/01$	نرخ کارایی پروتئین
$0/39 \pm 0/02$	$0/38 \pm 0/01$	$0/40 \pm 0/03$	$0/38 \pm 0/01$	$0/42 \pm 0/02$	نرخ کارایی چربی
$442/96 \pm 4/27$	$411/18 \pm 15/33$	$428/37 \pm 19/48$	$418/25 \pm 10/10$	$408/25 \pm 13/43$	غذای مصرف شده (g/fish)
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	نرخ بازماندگی (%)

شاهد وجود ندارد ($P > 0.05$). جدول ۳. بالاترین و پایین ترین میزان گلبول های قرمز، گلبول های سفید،

نتایج مربوط به پارامترهای خون شناسی نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف با تیمار

هموگلوبین، هماتوکریت و MCV به ترتیب در تیمار PBM0 و در تیمارهای PBM60 و PBM80 مشاهده گردید، ولی بیشترین میزان شاخص MCH در تیمار PBM0 و کمترین آن در تیمار PBM60 مشاهده شد، همچنین بیشترین میزان MCHC در تیمار PBM30 و کمترین آن در تیمارهای PBM20 مشاهده شد.

جدول ۳: شاخص های خون شناسی بچه تاسماهیان سبیری تغذیه شده با سطوح مختلف پودر ضایعات طیور پس از ۹ هفته آزمایش ($n=9$) میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

سطوح جایگزین پودر ضایعات طیور					شاخص های خونی
PBM80	PBM60	PBM40	PBM20	PBM0	
۱۰۱/۸۳ $\pm$ ۸۵/۷۴	۱۱۷/۳۳ $\pm$ ۴۳/۳۳	۱۱۹/۰۰ $\pm$ ۵۵/۰۷	۱۱۹/۳۳ $\pm$ ۳۴/۸۰	۱۱۹/۳۳ $\pm$ ۷۴/۴۶	گلبول های قرمز ($\times 10^3 / \text{mm}^3$)
۵۳/۳۳ $\pm$ ۵۸/۹۷	۵۸/۶۶ $\pm$ ۴۴/۸۴	۶۹/۰۰ $\pm$ ۵۷/۷۳	۶۹/۳۳ $\pm$ ۳۸/۴۴	۷۰/۳۳ $\pm$ ۳۱/۷۹	گلبول های سفید ($\times 10^3 / \text{mm}^3$)
۵/۸۳ $\pm$ ۰/۴۹	۶/۶۳ $\pm$ ۰/۴۳	۶/۷۶ $\pm$ ۰/۳۳	۶/۷۶ $\pm$ ۰/۱۴	۶/۹۳ $\pm$ ۰/۴۲	هموگلوبین (g/dl)
۳۶/۶۶ $\pm$ ۲/۷۲	۴۱/۳۳ $\pm$ ۲/۹۰	۴۲/۰۰ $\pm$ ۲/۳۰	۴۳/۰۰ $\pm$ ۱/۱۵	۴۳/۶۶ $\pm$ ۲/۴۰	هماتوکریت (%)
۳۶۰/۳۳ $\pm$ ۳/۴۸	۳۵۱/۳۳ $\pm$ ۴/۴۴	۳۵۲/۳۳ $\pm$ ۳/۳۸	۳۶۰/۰۰ $\pm$ ۱/۱۵	۳۶۵/۶۶ $\pm$ ۲/۹۰	MCV (fl)
۵۷/۳۳ $\pm$ ۰/۳۳	۵۶/۰۰ $\pm$ ۱/۵۲	۵۶/۶۶ $\pm$ ۰/۶۶	۵۶/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۵۸/۰۰ $\pm$ ۰/۰۰	MCH (pg/cell)
۱۵/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۱۵/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۱۶/۰۰ $\pm$ ۰/۵۷	۱۵/۳۳ $\pm$ ۰/۳۳	۱۵/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	MCHC (g/dl)

آنانالیز مربوط به درصد افتراقی گلبول های سفید جدول ۴ تفاوت معنی داری را در لنفوسیت و نوتروفیل نشان داد ($P < 0/05$)، به طوری که لنفوسیت در تیمار PBM80 بیشترین تعداد را نشان داد و اختلاف معنی دار آماری با تیمارهای PBM0، PBM20 و PBM40 نشان داد ($P < 0/05$)، ولی با تیمار PBM60 فاقد اختلاف معنی دار بود ($P > 0/05$). همچنین نوتروفیل در تیمار PBM80 کمترین تعداد را نشان داد و دارای اختلاف معنی دار آماری با تیمارهای PBM0، PBM20 و PBM40 بود ($P < 0/05$)، ولی با تیمار PBM60 فاقد اختلاف معنی دار بود ($P > 0/05$). همچنین نوتروفیل در تیمار PBM80 کمترین تعداد را نشان داد و دارای اختلاف معنی دار آماری با تیمارهای PBM0، PBM20 و PBM40 بود ($P < 0/05$)، ولی با تیمار PBM60 فاقد اختلاف معنی دار بود ($P > 0/05$).

جدول ۴: درصد افتراقی گلبول های سفید بچه تاسماهیان سبیری تغذیه شده با سطوح مختلف پودر ضایعات طیور پس از ۹ هفته آزمایش ($n=9$) میانگین $\pm$ خطای استاندارد)

سطوح جایگزین پودر ضایعات طیور					درصد افتراقی (%)
PBM80	PBM60	PBM40	PBM20	PBM0	
^a ۷۶/۰۰ $\pm$ ۱/۰۰	ab ^{۷۴/۳۳} $\pm$ ۰/۶۶	b ^{۷۱/۰۰} $\pm$ ۰/۵۷	b ^{۷۱/۳۳} $\pm$ ۱/۲۰	b ^{۷۱/۶۶} $\pm$ ۰/۸۸	لنفوسیت
^c ۱۹/۶۶ $\pm$ ۰/۶۶	bc ^{۲۰/۳۳} $\pm$ ۰/۳۳	ab ^{۲۳/۰۰} $\pm$ ۰/۰۰	a ^{۲۳/۶۶} $\pm$ ۰/۶۶	abc ^{۲۲/۶۶} $\pm$ ۱/۲۰	نوتروفیل
۳/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۴/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۵/۳۳ $\pm$ ۰/۳۳	۵/۰۰ $\pm$ ۰/۵۷	۵/۰۰ $\pm$ ۰/۵۷	مونوسیت
۰/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۰/۶۶ $\pm$ ۰/۶۶	۰/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	۰/۰۰ $\pm$ ۰/۰	۰/۶۶ $\pm$ ۰/۳۳	ائوزینوفیل

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است ($P < 0/05$).

بحث

پودر ضایعات طیور (بدون پر) به عنوان یک ماده خوراکی به کرات در تهیه جیره غذایی ماهی مورد استفاده قرار گرفته است (Nengas et al., 1999). نتایج این مطالعه نشان داد که جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات طیور تا ۸۰ درصد تأثیر منفی بر شاخص های رشد، ضریب تبدیل غذایی، نسبت بازده پروتئین، چربی و بقای آن ها نداشت. بر اساس نظر سید حسنی و همکاران (۱۳۹۳) پودر ضایعات طیور توانسته به میزان ۸۰ درصد جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی فیل ماهی (*Huso huso*) به مدت ۱۲۶ روز بشود بدون اینکه تأثیر منفی بر شاخص های رشد نظیر وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی داشته باشد؛ که دلیل آن را بر کیفیت مناسب پودر ضایعات طیور جایگزین شده در جیره غذایی و توانایی فیل ماهی در استفاده از آن به عنوان جایگزین مناسب پروتئینی (Hernandez et al., 2009) عنوان کردند. نتایج مشابهی از جایگزینی پودر ضایعات طیور بدون افزودن مکمل آمینواسید (به میزان ۷۵ درصد) بجای آرد ماهی در جیره غذایی سیم دریایی (Nengas et al., 1999) و تا ۱۰۰ درصد در جیره سیم دریایی قرمز (Takagi et al., 2000) گزارش گردیده بود که دلالت بر پتانسیل بالای ماهیان گوشت خوار در استفاده از این ماده پروتئینی جانوری دارد (Zhu et al., 2011). در روندی مشابه Yu و Hao (۲۰۰۳) گزارش نمودند که کاهش ۸۰ درصد آرد ماهی در جیره غذایی و جایگزین نمودن آن با پودر ضایعات طیور و پودر گوشت و استخوان تأثیر منفی بر شاخص های رشد گربه ماهی (*Hypophthalmus Pangasianodon*) ندارد؛ که دلیل آن را ارتقای فرآوری و بهینه کردن شرایط پخت در

تولید پودر ضایعات طیور می دانستند. Arnold و Davis (۲۰۰۰) گزارش دادند که امکان جایگزین نمودن ۸۰ درصد پودر ضایعات طیور بجای آرد ماهی در جیره غذایی میگوی پا سفید (*Litopenaeus vannamei*) تأثیر منفی بر شاخص های رشد نظیر وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، کارایی غذا و نسبت بازده پروتئین وجود دارد؛ که دلیل آن را پروتئین بالا و پروفیل آمینواسید نسبتاً مناسب پودر ضایعات طیور عنوان کردند (Gaylord and Rawles, 2005). Wang و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که آرد ماهی در جیره غذایی هامور مالاباری (*Epinephelus malabarius*) می تواند به میزان ۲۵ درصد با جایگزین نمودن مخلوطی از ۵۰ درصد پودر ضایعات طیور و ۵۰ درصد پودر گوشت و پودر خون در جیره کاهش یابد. این محققین نتایج آزمایش خود را با آزمایش دیگری که روی *cuneat drum* (*Nibea miichthioides*) که توسط Guo و همکاران (۲۰۰۷) انجام شده بود مقایسه نموده و دریافتند که هامور مالاباری (*Epinephelus malabarius*) توانایی کمتری در مصرف مخلوط ضایعات پروتئین حیوانی در مقایسه با *cuneat drum* دارد که دلیل آن را به احتمال زیاد به متفاوت بودن عادات غذایی این دو گونه نسبت دادند. از طرفی کاهش شاخص های رشد در ماهی قزل آلا رنگین کمان در سطوح جایگزینی بالای ۵۰ درصد پودر ضایعات طیور به جای آرد ماهی مشاهده شد (Fowler 1991; Steffen, 1994)؛ که دلایل آن را روش های نامناسب فرآوری و یا ماده خام بکار رفته عنوان کردند (Miller, 1996). استفاده از پودر ضایعات طیور در جیره غذایی بچه تاسماهیان سیبری روی بقا تأثیر منفی نداشت که مشابه با یافته های پیشین روی بچه فیل ماهی

(سید حسنی و همکاران، ۱۳۹۳)، سیم قرمز دریایی (Hao and Yu, 2000) و گربه ماهی (Takagi et al., 2000) است. با این وجود در مطالعه حاضر جایگزینی پودر ضایعات طیور تا ۸۰ درصد در جیره تاسماهی سبیری منجر به کاهش معنی داری شاخص های وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و نسبت بازده پروتئین در مقایسه با تیمار شاهد نگردید؛ که دلیل آن احتمالاً پروتئین بالا، پروفیل آمینواسید مناسب و خوش خوراک بودن آرد ضایعات طیور به عنوان جایگزینی برای آرد ماهی است (Gaylord and Rawles, 2005).

آنالیز داده های مربوط به پارامترهای خون شناسی در مطالعه کنونی نشان داد که با افزایش سطوح مختلف ضایعات طیور در جیره غذایی تفاوت معنی داری در بین تیمارها مشاهده نمی شود که احتمالاً به خاطر غنی بودن پودر ضایعات طیور از اسیدهای چرب ضروری بوده که باعث افزایش مقاومت ماهی می گردد (Gaylord and Rawles, 2005). بالاترین و پایین ترین میزان گلبول های قرمز، گلبول های سفید، هموگلوبین، هماتوکریت و MCV به ترتیب در تیمار PBM0 و در تیمارهای PBM60 و PBM80 مشاهده گردید، ولی بیشترین میزان شاخص MCH در تیمار PBM0 و کمترین آن در تیمار PBM60 مشاهده شد، همچنین بیشترین میزان MCHC در تیمار PBM30 و کمترین آن در تیمارهای PBM20 مشاهده شد. نتایج مربوط به درصد افتراقی گلبول های سفید تفاوت معنی داری را در لنفوسیت و نوتروفیل نشان داد. ولی مونوسیت و ائوزینوفیل فاقد اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف بودند. از طرفی مقادیر هموگلوبین و شاخص های هماتولوژیک با توجه به کمبود مواد مغذی

ضروری، گونه ماهی، شرایط محیطی و وضعیت رشد متفاوت است (Falahatkar et al., 2012; Akrami et al., 2015). مطالعات محدودی در ارتباط با جایگزینی پودر ضایعات طیور و اثر آن روی شاخص های هماتولوژی صورت گرفته است؛ که می توان به تحقیقات (Steffens, 1994) اشاره کرد که عنوان کرده بود سطوح مختلف پودر ضایعات طیور به عنوان جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی قزل آلا، رنگین کمان تأثیر منفی بر شاخص های هماتولوژیک ندارد. همچنین مطالعاتی در ارتباط با جایگزینی آرد ماهی با منابع حیوانی و گیاهی در تاسماهی سبیری گزارش شده است. نتایج مطالعات نشان داد جایگزینی آرد ماهی تأثیری منفی بر شاخص های هماتولوژی تاسماهی سبیری ندارد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ بنابراین مطالعه کنونی نشان داد که جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات طیور تأثیر نامطلوبی روی شاخص های هماتولوژیک تاسماهی سبیری ندارد.

نتایج آزمایش کنونی نشان داد که جایگزینی سطوح مختلف پودر ضایعات طیور به جای آرد ماهی در جیره غذایی بچه تاسماهی سبیری تأثیر منفی بر شاخص های رشد، ضریب تبدیل غذا و شاخص های خونی نداشت؛ و استفاده از پودر ضایعات طیور تا ۸۰ درصد به جای آرد ماهی باعث تنزل شاخص های مذکور نشد. نتایج این مطالعه نشان دهنده آن است که پودر ضایعات طیور پتانسیل بالایی جهت جایگزینی به جای آرد ماهی در جیره غذایی تاسماهی سبیری در دوران رشد داشته و پیشنهاد می گردد که پس از برآورد دقیق کیفیت پودر ضایعات طیور تولیدی در کشور و اصلاح کیفیت شیمیایی آن این محصول به عنوان یک

4. Akhlaghi, M., Mirab Borujerdi, M. 1999. The effect of anesthetic clove in fish and determine the LC50. Tehran University Veterinary Journal. 54(2), 49-52. (in persian).
5. Akrami, R., Nasri-Tajan, M., Jahedi, A., Razeghi Mansour, M. and Jafarpour, S. A. 2015. Effects of dietary synbiotic on growth, survival, lactobacillus bacterial count, blood indices and immunity of beluga (*Huso huso*, Linnaeus, 1754) juvenile. Aquaculture Nutrition, 21: 952-959.
6. AOAC, 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (14 th Edition).
7. Davis, D. A., Arnold, C. R. 2000. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture, 185: 291-298.
8. Deng, D. F., Koshio, S., Yokoyama, S., Bai, S. C., Shao, Q., Cui, Y., and Hung, S. S. 2003. Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) larvae. Aquaculture, 217: 589-598.
9. Falahatkar, B., Poursaeid, S., Efatpanah, I., Meknatkhah, B., and Biswas, A. 2012. Effect of photoperiod manipulation on growth performance, physiological and hematological indices in juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. Journal of the World Aquaculture Society, 43: 679-687.
10. Guo, J. L., Wang, Y. and Bureau, D. P. 2007. Inclusion of rendered animal ingredients as fish meal substitutes in practical diets for cuneate drum, *Nibea miichthioides*. Aquaculture Nutrition, 13: 81 – 87.
11. Fowler L. G. 1991. Poultry by-product meal as a dietary protein source in fall Chinook salmon diets. Aquaculture, 99: 309-321.
12. Gallagher, M. L., Degani, G. 1988. Poultry meal and poultry oil as sources of protein and lipid in the diet of European eels (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, 73: 177–187.
13. Gaylord, T. G. and Rawles S. D. 2005. The modification of poultry by product meal

ماده جایگزین بجای آرد ماهی به صنعت پرورش ماهیان خاویاری معرفی گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کارکنان زحمتکش موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر به خصوص بخش آبی پروری، کارشناسان آزمایشگاه تغذیه و ساخت غذای آبزیان و آزمایشگاه بیولوژی آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان و نیز آقای مهندس علی رازگردانی شراهی به خاطر مساعدت در انجام این پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

۱. سلیمانی، س.م.، سجادی، م.م.، فلاحتکار، ب.، یزدانی ساداتی، م.ع.، ۱۳۹۴. جایگزینی آرد ماهی با پودر کرم خاکی (*Eisenia foetida*) در جیره غذایی تاسماهی سیری (*Acipenser baerii*) و تاثیر آن بر عملکرد رشد، کارایی غذا و ترکیبات لاشه، مجله بوم شناسی آبزیان، ۵(۳)، ۲۱-۳۰.
۲. سیدحسینی، میر.ح.، طالبی حقیقی، د.، حافظیه، م.، یزدانی ساداتی، م.ع.، پورعلی، ح. و یگانه، ه. ۱۳۹۳. کارایی پودر ضایعات مرغ به عنوان جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی فیلماهی (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران، (۳)، ۸۱-۹۵.
3. Adamek, Z., Prokes, M., Barus, V., and Sukop, I. 2007. Diet and growth of 1+ Siberian sturgeon, (*Acipenser baeri*) in alternative pond culture. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 7: 153-160.

- overview. In *Acipenser. Actes du Colloque* (pp. 65-77).
22. Hung, S. S.O., Storebakken, T., Cui, Y., Tian, I., and Einen, O. 1997. High-energy diets for white sturgeon, *Acipenser transmontanus* Richardson. *Aquaculture Nutrition*, 3: 281-286.
23. Lovell, R. T. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 260P.
24. Medale, F., Blanc, D., and Kaushik, S. J. 1991. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*. II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. *Aquaculture*, 93: 143-154.
25. Meeker, D. L. 2009. North American Rendering: processing high quality protein and fats for feed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38: 432-440.
26. Miller, T. 1996. Utilizing rendered products: Petfood. In: Franco, D.A., Swanson, W. _Eds., *The Original Recyclers. The Animal Protein Industry, the Fats and Proteins Research Foundation and The National Renderers Association*, Alexandria. pp. 203-223.
27. Nengas, I., Alexis, M .N., and Davis, S. J. 1999. High inclusion levels of poultry meals and related by products in diets for gilthead seabream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179: 12-23.
28. Řehulka, J. 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition, and some blood indices of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 190: 27-47.
29. Ronyai, A., Csengeri, I., and Varadi, L. 2002. Partial substitution of animal protein with full fat soybean meal and amino acid supplementation in the diet of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Applied Ichthyology*, 18: 682-684.
30. Shapawi, R., Ng, W.K., Mustafa, S. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture*, 273: 118-126.
31. Steffens, W. 1994. Replacement of fish meal with poultry byproduct meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124: 27-34.
- for use in hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) diets. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36: 365-376.
14. Hamlin, H. J., Milnes, M. R., Beaulaton, C. M., Albergotti, L. C., Guillette, L. J. 2011. Gonadal stage and sex steroid correlations in Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, habituated to a semitropical environment. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 313-320.
15. Hao N.V., Yu Y. 2003. Partial replacement of fishmeal by MBM and PFGPBM in diets for river catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Research Report*, No.33.
16. Hardy, R. W., Tacon, A. G. 2002. Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. *Marine Aquaculture*, 311-325.
17. Hernandez, C., Olvera-Novoa, M. A., Hardy, R.W., Hermosillo A., Reyes, C. and Gonzalez, B. 2009. Complete replacement of fish meal by procrine and poultry by product meals in practical diets for fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Digestibility and growth performance. *Aquaculture Nutrition*, 24: 219-235.
18. Holčík, J. 1989. *The Freshwater Fishes of Europe*. Vol. 1, Part II. General Introduction to Fishes. *Acipenseriformes*. AULA-Verlag, Wiesbaden, 1: 227-262.
19. Houston, A. 1990. Blood and circulation. P: 273-322. In: Shreck C. B. and Moyle P. B. (Eds). *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.
20. Hu, L., Yun, B., Xue, M., Wang, J., Wu, X., Zheng, Y., and Han, F. 2013. Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture*, 372: 52-61.
21. Hung, S. S. O. 1991. Nutrition and feeding of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): an

36. Yuyu, L. Y. W. and Ruixia, W. L. W. 2010. Effects of different replacement ratio of fish meal by extruded soybean meal on growth, body composition and hematology indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Chinese Journal of Animal Nutrition, 1: 30-40.
37. Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y., Wu, X, Li, J. 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: 69-78.
38. Zhu, H., Gong, G., Wang, J., Wu, X., Xue, M., Niu, C., Yu, Y. 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: 389-395.
32. Takagi, S.T., Hosokawa, H., Shimeno, S., Ukawa, M. 2000: Utilization of poultry by-product meal in a diet for red sea bream *Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkai Sh, 66: 428-438.
33. Ustaoglu, S, Rennert, B. 2002. The apparent nutrient digestibility of diets containing fish meal or isolated soy protein in sterlet (*Acipenser ruthenus*). International Review of Hydrobiology, 87: 577-584.
34. Wang, J., Yun, B., Xue, M., Wu, X., Zheng, Y., Li, P. 2012. Apparent digestibility coefficients of several protein sources, and replacement of fishmeal by porcine meal in diets of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*, are affected by dietary protein levels. Aquaculture Research, 43: 117-127.
35. Yigit, M., Erdem, M., Koshio, S., Ergun, S., Turker, A, Karaali, B. 2006. Substituting fish meal with poultry by-product meal in diets for Black Sea turbot *Psetta maeotica*. Aquaculture Nutrition. 12: 340-347.