مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

جایگزینی پودر ماهی با پودر گاماروس و تاثیر آن بر شاخص های رشد و ترکیب بدن بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii* (Brandt, 1869

علی رازگردانی شراهی[1]، بهرام فلاحتکار[1*]، ایرج عفت پناه[2]

[1] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، صندوق پستی ۱۱۴۴

[2] مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور، سیاهکل، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۱۲/۲۶
اصلاح: ۹۵/۰۴/۲۰
پذیرش: ۹۵/۰۴/۲۵

کلمات کلیدی:
آرد گاماروس
آرد ماهی
پروتئین
ماهیان خاویاری

چکیده

هدف از این مطالعه تعیین اثر جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف پودر گاماروس بر عملکرد رشد و ترکیب بدن بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) بود. ۲۲۵ عدد بچه تاسماهی سیبری با میانگین وزن اولیه (± خطای استاندارد) ۰/۱۵ ± ۱۴/۲۴ گرم در پنج تیمار با سه تکرار توزیع شدند. در طول دوره از جیره‌های با سطوح مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰ ، ۳۰ و ۴۰ درصد) پروتئین پودر گاماروس جایگزین پروتئین پودر ماهی استفاده شد. غذادهی بر اساس اشتها و روزانه در چهار نوبت و به مدت ۹ هفته انجام شد. نتایج نشان داد، نرخ کارایی پروتئین، نرخ کارایی چربی، شاخص احشایی و نرخ بازماندگی اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (P>۰/۰۵). تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد از نظر شاخص های وزن نهایی، وزن به دست آمده، ضریب تبدیل غذایی، درصد افزایش وزن بدن، طول نهایی، فاکتور وضعیت، نرخ رشد ویژه، غذای خورده شده و شاخص کبدی اختلاف معنی داری با تیمار شاهد و دیگر تیمارها نشان دادند (P<۰/۰۵). آنالیز شیمیایی ترکیبات بدن اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها نشان نداد (P>۰/۰۵). بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن پودر گاماروس تا میزان ۲۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره بچه تاسماهی سیبری توصیه می‌گردد.

مقدمــه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز به غذا، امروزه آبزیان به عنوان یکی از منابع تامین کننده پروتئین حیوانی مورد نیاز از جایگاه مناسبی برخوردار هستند (Lee and Lee, 2001). در این بین، ماهیان خاویاری به واسطه سرعت رشد بالا، اندازه بزرگ و سازگاری مناسب با محیط، در سراسر جهان به عنوان یک نامزد بالقوه در آبزی پروری به شمار می روند (Bronzi *et al*., 2011). تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) گونه ای 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 (Yoshitomi

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: falahatkar@guilan.ac.ir

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

et al., 2006; Hamlin *et al*., 2011). این گونه ساکن آب های نواحی مصب و دلتای رودخانه های سیبری است و منابع غذایی اصلی این ماهیان را آمفی پودها، ایزوپودها، لارو شیرونومیده و پلی کیت‌ها تشکیل می دهد (Holčik, 1989).

امروزه تهیه غذا از مهمترین فرایندها در آبزی پروری به شمار می آید و هزینه های آن معمولاً ۶۰-۳۰ درصد کل هزینه ها را در سیستم های پرورشی تشکیل می دهد (Falahatkar, 2015). در پرورش بچه ماهیان اصلی ترین مساله تامین غذای با کیفیت بالا بوده که توسط بچه ماهی پذیرفته و هضم شود، اگر چه هزینه غذا در این مرحله بسیار بالاست ولی نسبت به دیگر دوره های پرورشی به مقدار کمتری مورد استفاده قرار می گیرد (Afshar Mazandaran, 2003).

پودر ماهی به علت داشتن پروتئین بالا، بالانس مناسب آمینواسیدهای ضروری، طعم و خوش‌خوراکی، قابلیت هضم بالا، مواد معدنی و ویتامینی مناسب، یکی از مهمترین مواد خوراکی موجود در جیره غذایی آبزیان می باشد (Zhou *et al*., 2005). با توجه به افزایش تولیدات آبزی پروری و افزایش مصرف پودر ماهی در سایر حوزه ها مانند پرورش طیور، به نظر می رسد نیاز به این فرآورده در بازار جهانی رو به افزایش باشد و همه ساله تهیه آن با مشکلات بیشتری همراه باشد (Hardy and Tacon, 2002; Stankus, 2013). آبزی پروری با نرخ ۱۱ درصد در هر سال در حال رشد است، در حالی که تولید سالانه پودر ماهی ثابت و حدود ۷-۶ میلیون تن است (Tidwell and Allan, 2001). علاوه بر محدود بودن دسترسی، پودر ماهی یک ماده گران قیمت در تغذیه آبزیان بوده و جایگزینی آن با مواد غذایی ارزان قیمت با منشاء حیوانی یا گیاهی امری ضروری می باشد (Wang *et al*., 2012). مطالعات متعددی جهت جایگزین کردن پودر ماهی با منابع گیاهی و حیوانی انجام شده است ولی به دلیل برخی کمبودها در مواد مغذی مانند برخی آمینواسیدهای ضروری و مواد معدنی و همچنین وجود مواد غیر قابل هضم، استفاده از آنها در آبزی پروری محدود شده و به همین دلیل تنها می توانند جایگزین بخش ناچیزی از پودر ماهی شوند (Zhu *et al*., 2011; Yun *et al*., 2014). دانه های غلات، کنجاله دانه های روغنی، ضایعات کارخانجات عمل آوری فراورده های حیوانی، ضایعات عمل آوری فرآورده های دریایی و صید ضمنی از مهمترین فرآورده های پروتئینی گیاهی و حیوانی به منظور جایگزینی با پودر ماهی به شمار می آیند (Ustaoglu and Rennert, 2002; Emre *et al*., 2003; Yuyu and Ruixia, 2010; Zhu *et al*., 2011; Hu *et al*., 2013). بنابراین، امروزه تحقیق و پژوهش برای یافتن مواد جایگزین مناسب برای پودر ماهی جزو اولویت های تحقیقات بین المللی محسوب می‌شود (Hardy and Kissil, 1997). مطالعات مختلفی در زمینه جایگزینی برخی منابع حیوانی در تاسماهی سیبری نظیر جایگزینی پودر ماهی با پودر کرم خاکی روی تاسماهی سیبری توسط Soleimani و همکاران (2016)، انجام شد و نتایج نشان داد که استفاده از پودر کرم خاکی تا سطح ۲۰ درصد سبب بهبود شاخص های رشد می شود. در مطالعه ای دیگر، جایگزینی بخشی از پروتئین حیوانی با پودر سویا و مکمل آمینواسید در جیره غذایی تاسماهی سیبری که توسط Ronyai و همکاران (۲۰۰۲)، انجام گرفت نشان داد که جایگزینی این مواد در جیره غذایی سبب بهبود عملکرد رشد می گردد. جایگزینی پودر ماهی با مخلوطی از پروتئین حیوانی در جیره تاسماهی سیبری توسط Zhu و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که استفاده مخلوطی از پروتئین حیوانی تا سطح ۲۵ درصد سبب بهبود کارایی تغذیه ماهی می گردد.

گاماروس ها (Gammaridae) از راسته آمفی پودا و رده سخت پوستان، پراکنش گسترده ای در دنیا دارند که اکثراً دریازی و برخی در رودخانه‌ها و آب‌های شیرین به سر می برند (Shafizadeh, 1995). در ایران نیز گاماروس ها در تمامی سواحل دریای خزر و در بیشتر رودخانه هایی که دارای آب زلال و شفاف می باشند به وفور یافت می شوند (Steele and Steele, 1975). این موجودات به طور طبیعی توسط بسیاری از ماهیان در مراحل مختلف زندگی به عنوان غذای زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sodagar *et al*., 2004). گاماروس ها دارای ارزش غذایی بالا بوده و از نظر پروتئین، اسیدهای چرب غیراشباع، کاروتنوئید و انواع مختلف آنزیم ها غنی هستند (Alavi Yeganeh *et al*., 2003). گاماروس ها به دلیل ویژگی های منحصر به فردی که دارند یکی از گزینه های مناسب جهت تامین پروتئین و انرژی آبزیان محسوب می شوند (Alavi Yeganeh, 2005). استفاده از پودر ناجورپایان منبع

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

پروتئین مناسبی جهت تغذیه ماهیان می باشد (Williot *et al*., 2001). گاماروس ها غنی از کاروتنوئید و اسیدهای چرب ضروری EPA و DHA هستند (Meyers, 1997)، بنابراین وجود آنها در جیره غذایی ماهی سبب بالا رفتن میزان هضم و جذب غذا و در نتیجه افزایش رشد می شود (MacNeil *et al*., 1997).

مطالعاتی در زمینه استفاده از پودر گاماروس به عنوان مکمل در جیره غذایی آلوین ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Azimi *et al*., 2011; Alavi Yeganeh *et al*., 2003)، استفاده از پودر گاماروس به عنوان مکمل در جیره غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Mirzajani *et al*., 2008)، جایگزین بخشی از آرد سویا در جیره غذایی بچه فیل ماهی (*Huso huso*) (Mohammadi *et al*., 2008)، جایگزینی سطوح مختلف پودر ماهی با پودر گاماروس در جیره غذایی ماهی طلایی (*Carassius auratus*) (Razgardani *et al*., 2016) و جایگزینی بخشی از پودر ماهی در جیره غذایی آزاد ماهیان اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (Moren *et al*., 2006; Suontama *et al*., 2007) انجام شده است. با توجه به امکان دسترسی آسان به گاماروس در طبیعت می توان از این منابع در جیره غذایی آبزیان استفاده نمود. لذا این تحقیق جهت تعیین سطح مناسب پودر گاماروس در جیره غذایی تاسماهی سیبری به عنوان منبع پروتئینی و تأثیر آن بر عملکرد رشد، کارایی غذا، نرخ بقا و ترکیبات شیمیایی بدن بچه ماهیان سیبری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه از مهر تا آذر ماه ١٣٩۴ در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل واقع در استان گیلان، طی مدت ٩ هفته انجام شد. بچه تاسماهیان سیبری مورد مطالعه، از مجتمع تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی (سد سنگر، گیلان) به این مرکز انتقال داده شد. قبل از شروع بخش اصلی مطالعه، بچه ماهیان جهت سازگاری با شرایط جدید به حوضچه های بتونی گرد (با قطر ١/٨۵ و عمق ٠/٢۵ متر) انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد (جدول ١) تغذیه شدند. پس از پایان مدت سازگاری، تعداد ٢٢۵ عدد بچه تاسماهی سیبری با میانگین وزن اولیه (± خطای استاندارد) ٠/١۵ ± ١۴/٢۴ گرم و به تعداد ١۵ عدد در هر حوضچه، بین ١۵ حوضچه با حجم آبگیری ٨٠٠ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی توزیع شدند. آب مورد نیاز از رودخانه خرارود تأمین گردید. در طی انجام مطالعه، دبی آب ورودی به مخازن پرورشی به طور متوسط ٠/۴٨ ± ٩/۴١ لیتر در هر دقیقه بود. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل درجه حرارت آب به صورت روزانـه، اکسیژن محلول و pH به صورت دو بار در هفته به ترتیب با استفاده از دماسنج دیجیتالی و دستگاه اکسی- پی اچ متر دیجیتال (WTW 340, Weilheim, Germany) انـدازه گـیری و ثبت گردید. میانگین دمای آب در طی مطالعه ٠/۵٣ ± ١٨/۵۴ سانتی گراد، اکسیژن محلول ٠/١٩ ± ٧/٨٩ میلی گرم در لیتر و pH آب ٠/٠١ ± ٨/٠٩ بود. همچنین ماهیان در طی آزمایش در شرایط دوره نوری طبیعی و در یک مکان سرپوشیده قرار داشتند.

طراحی آزمایش و تغذیه

در این مطالعه از ۵ تیمار غذایی و برای هر تیمار ٣ تکرار با سطوح جایگزینی (GM0، GM10، GM20، GM30 و GM40) درصد پروتئین پودر گاماروس به جای پروتئین پودر ماهی که از نظر پروتئین و انرژی برابر بودند استفاده شد (جدول ١). اقلام غذایی مورد نیاز از شرکت خوراک آبزیان شمال (ساری، مازندران) خریداری شد. گاماروس مورد نیاز از سواحل نور (مازندران، ایران) از طریق الک نمودن ماسه های محدوده موج استحصال گردید. اقلام مورد نیاز به سالن غذاسازی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال داده شد. ابتدا اقلام توسط مولینکس (مدل A320، جاکارتا، اندونزی) خوب آسیاب شدند، سپس با استفاده از

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

الک ذرات درشت و ناخالصی‌ها جدا شد. تمام اقلام مورد استفاده طبق روش های مندرج در AOAC (1995) آنالیز شدند. در پایان، فرمولاسیون جیره ها توسط نرم افزار UFFDA (جورجیا، آمریکا) و بر اساس نیازمندی بچه تاسماهی سیبری در محدوده وزن حاضر انجام گرفت (Dong *et al*., 1993; Medale *et al*., 1991). در مرحله ساخت جیره های آزمایشی، ابتدا مقادیر مورد نیاز از اقلام با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم توزین شد. سپس اقلامی که درصد کمتری را در جیره تشکیل می دادند با یکدیگر به خوبی مخلوط شدند 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، رشت، ایران) با اندازه چشمه های ۱/۵، ۲ و ۲/۵ میلی متر با توجه به تغییر اندازه دهان ماهیان در طی رشد، ساخته شد. رشته های چرخ شده روی سینی پخش شد و برای خشک شدن در داخل سالن غذاسازی و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۶ 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 ۸- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

غذادهی به ماهیان به صورت دستی و روزانه در چهار نوبت (ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰) صورت گرفت. هر روز 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. در حین انجام این عمل مقدار غذای باقیمانده (تعداد گرانول ها) شمارش و پس از محاسبه از غذای خورده شده کسر می‌شد. پس از آب گیری حوضچه ها، جریان ورودی آب قطع می شد تا غذا از دسترس ماهی خارج نشود و سپس غذادهی انجام می شد. غذادهی بر اساس میزان اشتها بود و مقدار مورد نیاز غذا به صورت متناوب به درون حوضچه ها ریخته می شد. بعد از اتمام غذادهی همه حوضچه ها از لحاظ وجود یا عدم وجود غذا مورد بررسی قرار می‌گرفت تا در صورت نیاز مجدد مقداری غذا در اختیار ماهیان قرار گیرد. این روند تا زمانی که ماهی کاملاً سیر می شد ادامه داشت، به طوری که هر وعده غذادهی به مدت یک ساعت طول می کشید. پس از اتمام غذادهی مجدداً جریان ورودی آب برقرار می شد.

اندازه گیری فاکتورهای رشد

در ابتدا و در طول مدت ۹ هفته مطالعه، هر ۳ هفته یک بار 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 شد و به منظور کاهش استرس با استفاده از محلول پودر گل میخک (دوز ۲۵۰ ppm) (Akhlaghi and Mirab Brujerdi, 1999) بیهوش و زیست سنجی صورت می‌گرفت. جهت اندازه گیری وزن و طول هر ماهی 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)، غذای مصرف شده (FI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ کارایی پروتئین (PER)، نرخ کارایی چربی (LER)، فاکتور وضعیت (CF) و نرخ بقا (SR) از طریق رابطه های زیر محاسبه شدند. در پایان دوره مطالعه برای اندازه گیری شاخص کبدی (HSI) و احشایی (VSI) نیز از هر تیمار ۶ عدد ماهی انتخاب و با وارد کردن ضربه به سر آنها، کشته شدند (Soleimani *et al*., 2016). سپس امعا و احشاء و کبد خارج و توزین شدند و از طریق روابط زیر شاخص های کبدی و احشایی محاسبه گردید (Dong *et al*., 1993; Tibbetts *et al*., 2006):

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

BWI (%) = [((وزن اولیه (گرم) – وزن نهایی (گرم)) / (وزن اولیه (گرم)] × ۱۰۰

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

FI (g/fish) = (گرم) کل غذای مصرفی در طول دوره / تعداد ماهی

SGR (%/day) = [(Ln (گرم) وزن نهایی - Ln (گرم) وزن اولیه) / (روز) طول دوره پرورش] × ١٠٠

FCR = (گرم) مقدار غذای مصرفی / (گرم) وزن تر به دست آمده

PER = (گرم) وزن تر به دست آمده / (گرم) پروتئین مصرف شده

LER = (گرم) وزن تر به دست آمده / (گرم) چربی مصرف شده

CF = [(گرم) وزن ماهی / (سانتی‌متر) طول کل^3] × ١٠٠

HSI (%) = [(گرم) وزن کبد / (گرم) وزن ماهی] × ١٠٠

VSI (%) = [(گرم) وزن امعا و احشاء / (گرم) وزن ماهی] × ١٠٠

SR (%) = [تعداد ماهیان در انتهای دوره / تعداد ماهیان در ابتدای دوره] × ١٠٠

نمونه گیری و آنالیز لاشه

در ابتدا و پایان دوره مطالعه به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه شامل پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت از ماهیان نمونه‌گیری شد. به این منظور در ابتدا و انتهای دوره به ترتیب از هر تکرار یک و دو عدد ماهی به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و با زدن ضربه به سر کشته شدند. پس از این عمل، لاشه آنها برای مراحل بعدی در فریزر با دمای ٢٠- درجه سانتی گراد نگهداری شد. سپس لاشه ماهیان به آزمایشگاه تغذیه و ساخت غذای آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان انتقال و آنالیز لاشه انجام شد. به این منظور پس از یخ زدایی، ابتدا لاشه ها به اندازه های کوچک تبدیل و سپس دو بار با چرخ گوشت چرخ شدند تا یک مخلوط همگن به دست آمد. آنالیز لاشه و اقلام جیره بر اساس روش های مندرج در AOAC (1995) صورت گرفت. به این منظور برای اندازه گیری میزان رطوبت در آون، میزان خاکستر با سوزاندن مقدار مشخصی از ماده غذایی در کوره الکتریکی، میزان پروتئین خام با استفاده از دستگاه کلدال (Bakhshi, Tehran, Iran) و میزان چربی خام با استفاده از دستگاه سوکسله (Bakhshi, Tehran, Iran) اندازه گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری از نرم افزار SPSS (Version 16, Chicago, USA) استفاده شد. برای کنترل نرمال بودن داده ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و برای کنترل همگنی واریانس ها از آزمون Levene استفاده گردید. همچنین جهت مشخص نمودن اختلاف میانگین بین سطوح مختلف پودر گاماروس، از آزمون واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین ها، از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. سطح معنی داری در این آنالیز، P<٠/٠٥ در نظر گرفته شد.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

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

اقلام جیره*	سطوح مختلف پودر گاماروس				
	GM0	GM10	GM20	GM30	GM40
پودر ماهی کلیکا	۵۲	۴۶/۹	۴۱/۸	۳۷	۳۲
پودر گاماروس[۱]	۰	۷/۵	۱۴/۹	۲۲/۳	۳۰
آرد گندم	۲۳	۱۸/۶	۱۵/۳	۱۱/۷	۸
آرد سویا	۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
روغن ماهی	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲
روغن کانولا	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۳/۲
مکمل ویتامینه[۲]	۲	۲	۲	۲	۲
مکمل معدنی[۳]	۲	۲	۲	۲	۲
لسیتین	۴	۴	۴	۴	۴
ملاس	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ضد قارچ[۴]	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
پروتئین خام (٪)	۴۲/۲۳	۴۲/۱۶	۴۲/۰۴	۴۲/۰۴	۴۲/۰۳
چربی خام (٪)	۱۶/۱۶	۱۶/۱۹	۱۶/۲۳	۱۶/۳۳	۱۶/۴۲
رطوبت (٪)	۹/۳۰	۹/۲۶	۹/۲۱	۹/۱۸	۹/۱۵
خاکستر (٪)	۱۰/۴۴	۱۰/۵۳	۱۰/۶۷	۱۰/۷۸	۱۰/۹۳
انرژی قابل هضم (MJ/kg)[۵]	۱۹/۵۵	۱۹/۴۵	۱۹/۲۷	۱۹/۱۶	۱۹/۰۸
قیمت (ریال / کیلوگرم)	۴۹۲۲۵	۴۹۱۷۴	۴۹۰۳۸	۴۹۰۷۶	۴۹۱۱۰

GM مخفف Gammarus meal یا پودر گاماروس می باشد.

* شرکت خوراک آبزیان شمال (ساری، ایران).

[۱] جمع آوری شده از ساحل دریای خزر (نور، ایران).

[۲] شرکت خوراک آبزیان شمال (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی ویتامین IU D3 ۶۰۰۰ ، ویتامین IU A ۹۰۰۰، ویتامین K3 ۱۵ میلی گرم، ویتامین E ۶۰۰ میلی گرم، تیامین ۴۵ میلی گرم، ریبوفلاوین ۷۵ میلی گرم، اینوزیتول ۳۵۰ میلی گرم، سیانوکوبالامین ۱۲۰ میلی گرم، پانتوتنیک 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 آبزیان شمال (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی کولین کلراید ۱۷۵۰ IU، 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 آرین دام البرز، البرز، ایران.

[۵] انرژی بر حسب مگاژول بر کیلوگرم جیره (1 MJ/kg = 239.006 Kcal/kg).

نتایـج

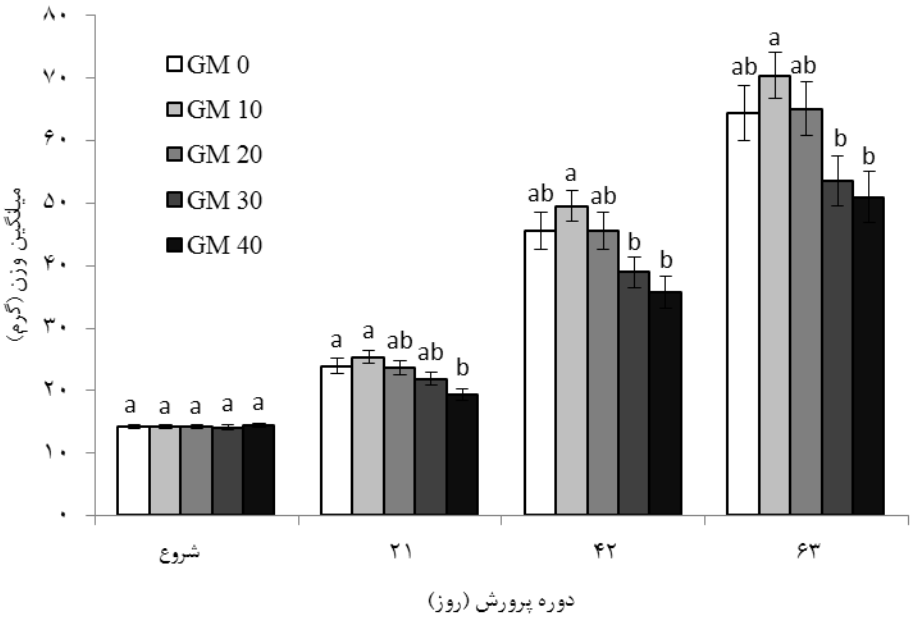
روند رشد بچه تاسماهیان سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گاماروس جایگزین پودر ماهی در شکل ۱ مشاهده می شود. نتایج نشان داد اختلاف معنی داری بین تیمارها از هفته سوم آغاز شد به طوری که بین تیمارهای شاهد و GM10 با تیمار GM40 اختلاف مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

نتایج نشان داد که افزایش درصد جایگزینی پودر گاماروس در جیره های غذایی سبب بهبود عملکرد رشد و کارایی غذایی بچه تاسماهی سیبری شد (جدول ۲)، به طوری که جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد پودر گاماروس در مطالعه حاضر بهترین راندمان رشد و کارایی غذایی را داشت. تیمارهای GM10، GM20 و شاهد به ترتیب بهترین عملکرد رشد را داشتند. همچنین تیمار GM40 کمترین وزن نهایی را نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمار GM10 با تیمارهای GM30 و GM40 مشاهده شد (P<۰/۰۵). از نظر سایر شاخص های رشد مانند PER، LER، VSI و SR تیمارهای GM10 و GM20 و شاهد به ترتیب بهترین عملکرد را نسبت به تیمارهای GM30 و GM40 نشان دادند به طوری که اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵)، اما شاخص‌های WG، FCR، FW، BWI، FL، CF، SGR، FI و HSI اختلاف معنی داری بین تیمارهای GM10، GM20 و شاهد با تیمارهای GM30 و GM40 نشان داد (P<۰/۰۵). در بین تیمارها، تیمار GM20 بیشترین FI را در طول دوره نشان داد و پس از آن تیمارهای GM10 و شاهد به ترتیب بیشترین FI را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. از طرفی تیمار GM40 کمترین FI را نسبت به دیگر تیمارها داشت به طوری که بین این تیمار و تیمارهای دیگر تفاوت معنی داری مشاهده شد (P<۰/۰۵). در این مطالعه کمترین و بیشترین FCR به ترتیب برای تیمارهای GM10 و GM40 ثبت شد که اختلاف معنی داری بین این تیمارها مشاهده گردید (P<۰/۰۵). در شاخص های PER و LER اختلاف معنی داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). HSI در تیمار GM10 اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و GM40 نشان داد (P<۰/۰۵)، ولی VSI اختلاف معنی داری بین تیمارها نشان نداد (P>۰/۰۵). شاخص SR در همه تیمارها ۱۰۰ درصد بود و هیچگونه تلفاتی در طی مطالعه مشاهده نشد.

نتایج مربوط به آنالیز لاشه در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزایش میزان جایگزینی سبب افزایش میزان رطوبت و خاکستر لاشه و کاهش میزان چربی لاشه گردید، درحالی که میزان چربی لاشه کاهش یافت. ولی نتایج به دست آمده از آنالیز ترکیبات شیمیایی بدن نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد با دیگر تیمارها از نظر میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر وجود ندارد (P>0.05).



شکل ۱. روند رشد بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گاماروس در طول دوره پرورشی ۹ هفته‌ای (میانگین ± خطای استاندارد). حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد (p<۰/۰۵).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

جدول ۲. عملکرد رشد و کارایی غذایی بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گاماروس پس از ۹ هفته غذادهی (میانگین ± خطای استاندارد).

شاخص های رشد	سطوح مختلف پودر گاماروس				
	GM0	GM10	GM20	GM30	GM40
وزن اولیه (g)	۱۴/۲۹ ± ۰/۳۲	۱۴/۲۰ ± ۰/۳۱	۱۴/۱۸ ± ۰/۳۱	۱۴/۱۳ ± ۰/۳۲	۱۴/۳۸± ۰/۳۱
وزن نهایی (g)	۶۴/۴۵ ± ۴/۴۵^{ab}	۷۰/۴۷ ± ۳/۶۹^{a}	۶۵/۱۱ ± ۴/۲۹^{ab}	۵۳/۶۰ ± ۳/۹۶^{b}	۵۰/۹۸ ± ۴/۱۴^{b}
وزن به دست آمده (g)	۵۰/۱۶ ± ۵/۴۲^{ab}	۵۶/۲۶ ± ۴/۷۴^{a}	۵۰/۹۳ ± ۳/۶۹^{ab}	۳۹/۴۷ ± ۳/۹۰^{ab}	۳۶/۶۰ ± ۴/۶۸^{b}
درصد افزایش وزن بدن	۳۵۰/۴۹ ± ۳۵/۲۶^{ab}	۳۹۶/۲۴ ± ۳۳/۳۴^{a}	۳۵۸/۹۷ ± ۲۳/۸۲^{ab}	۲۷۹/۳۵ ± ۲۱/۱۳^{ab}	۲۵۴/۴۰ ± ۳۱/۷۳^{b}
طول اولیه (cm)	۱۷/۲۰ ± ۰/۱۶	۱۷/۳۰ ± ۰/۱۵	۱۷/۲۵ ± ۰/۱۴	۱۷/۲۰ ± ۰/۱۷	۱۷/۲۶ ± ۰/۱۷
طول نهایی (cm)	۲۷/۱۵ ± ۰/۶۸^{a}	۲۷/۹۳ ± ۰/۵۳^{a}	۲۶/۷۴ ± ۰/۶۳^{ab}	۲۵/۶۸ ± ۰/۶۰^{ab}	۲۴/۴۸ ± ۰/۷۰^{b}
فاکتور وضعیت	۰/۳۰± ۰/۰۰^{ab}	۰/۳۱ ± ۰/۰۰^{ab}	۰/۳۲ ± ۰/۰۰^{a}	۰/۲۹ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۳۱ ± ۰/۰۰^{ab}
نرخ رشد ویژه (%/day)	۲/۳۸ ± ۰/۱۲^{ab}	۲/۵۴ ± ۰/۱۰^{a}	۲/۴۱ ± ۰/۰۸^{ab}	۲/۱۱ ± ۰/۰۹^{ab}	۲/۰۰ ± ۰/۱۴^{b}
غذای خورده شده (g/fish)	۷۲/۴۹ ± ۰/۱۶^{a}	۷۲/۰۲ ± ۰/۱۱^{a}	۷۲/۹۴ ± ۰/۲۹^{a}	۷۱/۶۲ ± ۰/۳۱^{ab}	۷۰/۰۷ ± ۰/۶۵^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۴۷ ± ۰/۱۵^{ab}	۱/۳۰ ± ۰/۱۰^{a}	۱/۴۵ ± ۰/۰۹^{ab}	۱/۸۴ ± ۰/۱۵^{ab}	۱/۹۷ ± ۰/۲۲^{b}
نرخ کارایی پروتئین	۱/۶۴ ± ۰/۱۸	۱/۸۵ ± ۰/۱۶	۱/۶۵ ± ۰/۱۲	۱/۳۰ ± ۰/۱۰	۱/۲۴ ± ۰/۱۵
نرخ کارایی چربی	۴/۲۸ ± ۰/۴۶	۴/۸۳ ± ۰/۴۱	۴/۳۲ ± ۰/۳۰	۳/۴۱ ± ۰/۲۶	۳/۲۳ ± ۰/۳۹
شاخص کبدی (%)	۴/۴۶ ± ۰/۵۰^{a}	۳/۱۲ ± ۰/۴۰^{b}	۳/۹۶ ± ۰/۲۲^{ab}	۳/۸۹ ± ۰/۲۴^{ab}	۴/۵۹ ± ۰/۳۴^{a}
شاخص احشایی (%)	۱۳/۰۵ ± ۰/۶۴	۱۲/۸۲ ± ۰/۸۱	۱۳/۴۶ ± ۰/۵۸	۱۴/۶۲ ± ۰/۵۸	۱۴/۳۱ ± ۰/۳۰
نرخ بازماندگی (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است ($P<۰/۰۵$).
تعداد نمونه ۶= n برای سنجش شاخص کبدی و احشایی در هر تیمار.

جدول ۳. نتایج حاصل از آنالیز لاشه بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گاماروس در ابتدا و انتهای دوره مطالعه ۹ هفته‌ای (بر اساس وزن تر؛ ۳ = n؛ میانگین ± خطای استاندارد).

ترکیب بدن	سطوح مختلف آرد گاماروس				
	GM0	GM10	GM20	GM30	GM40
رطوبت (٪)	۷۷/۱۶ ± ۰/۲۹	۷۷/۲۸ ± ۰/۵۶	۷۷/۲۸ ± ۰/۶۶	۷۷/۴۷ ± ۰/۶۰	۷۷/۶۶ ± ۰/۴۳
پروتئین (٪)	۱۲/۵۴ ± ۰/۳۱	۱۲/۳۸ ± ۰/۴۳	۱۲/۱۵ ± ۰/۳۲	۱۲/۰۰ ± ۰/۳۰	۱۱/۸۵ ± ۰/۴۱
چربی (٪)	۸/۷۵ ± ۰/۷۲	۸/۳۶ ± ۰/۴۶	۸/۵۵ ± ۰/۳۹	۸/۱۱ ± ۰/۴۹	۸/۰۹ ± ۰/۳۷
خاکستر (٪)	۱/۶۵ ± ۰/۰۵	۱/۶۰ ± ۰/۱۰	۱/۶۵ ± ۰/۰۵	۱/۶۹ ± ۰/۱۳	۱/۶۹ ± ۰/۰۳

بحث

بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جایگزینی پودر ماهی با پودر گاماروس، اثرات مثبتی بر روی عملکرد رشد بچه ماهیان داشت به طوری که میانگین وزن به دست آمده، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار GM10 نسبت به تیمارهای دیگر بالاتر بود و اختلاف معنی داری بین تیمار GM10 با تیمارهای GM30 و GM40 مشاهده شد. تیمارهای GM10، GM20 و شاهد

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

به ترتیب بهترین عملکرد رشد را نشان دادند، در حالی که میزان وزن به دست آمده و نرخ رشد ویژه با افزایش سطح جایگزینی پودر گاماروس کاهش یافت.

در همین رابطه Azimi و همکاران (2011)، مشاهده کردند افزودن بیش از ١٠ درصد پودر گاماروس به عنوان مکمل در جیره قزل آلای رنگین کمان موجب کاهش فاکتورهای رشد می‌شود که دلیل آن را کاهش مقدار پروتئین کل جیره غذایی و سایر عناصر نامشخص لازم برای رشد مطلوب در قزل آلای رنگین کمان مطرح کردند. اما در تحقیق حاضر مقدار پروتئین خام در جیره ها یکسان بود و به نظر می‌رسد عوامل دیگری نظیر مقدار بالای کیتین که تأثیر منفی بر روی قابلیت هضم و جذب ماکرونوترینت های جیره غذایی دارد سبب کاهش رشد در سطح بالای پودر گاماروس می شود (Koops *et al*., 1979). Mohammadi و همکاران (2008) نیز با جایگزینی صفر تا ١٢ درصدی پودر گاماروس با پودر سویا در جیره غذایی بچه فیل ماهیان نشان دادند که افزودن ١٢ درصدی پودر گاماروس دریای خزر موجب افزایش فاکتورهای رشد شد که دلیل آن را وجود برخی مواد جاذب موجود در پودر گاماروس عنوان کردند.

مطالعات مختلف استفاده از پودر سخت پوستانی نظیر کریل در جیره غذایی ماهی هالیبوت اقیانوس اطلس (Olsen *et al*., 2006) و روغن ماهی اقیانوس اطلس (Moren *et al*., 2006)، پودر آمفی پودا در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Moren *et al*., 2006; Suontama *et al*., 2007)، پودر گاماروس در جیره غذایی آلوین قزل آلای رنگین کمان (Alavi Azimi *et al*., 2011; Yeganeh *et al*., 2003) و کپور معمولی (Mirzajani *et al*., 2008) و جایگزینی پودر ماهی با پودر گاماروس در جیره غذایی ماهی طلایی (Razgardani *et al*., 2016) صورت گرفت که با مطالعه حاضر مطابق بود. استفاده از سطوح مختلف پودر گاماروس در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری، سبب بالا رفتن ضریب تبدیل غذایی شد. علت این افزایش را می توان به خاطر بالا بودن میزان کیتین در پوسته خارجی گاماروس دانست که با یافته های مطالعاتی که روی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Moren *et al*., 2006; Suontama *et al*., 2007)، بچه فیل ماهیان دریای خزر (Mohammadi *et al*., 2008)، آلوین قزل آلای رنگین کمان (Azimi *et al*., 2011) و ماهی طلایی (Razgardani *et al*., 2016) انجام شده است، مطابقت دارد.

با توجه به وجود ترکیبات کاروتنوئید و اسیدهای چرب ضروری EPA و DHA در پودر گاماروس به نظر می رسد که افزودن پودر گاماروس به جیره سبب رشد بسیار خوبی در ماهیان شود در حالی که افزایش سطح جایگزینی سبب کاهش عملکرد رشد بچه تاسماهیان سیبری شد. دلیل این موضوع به احتمال قوی می تواند به خاطر بالانس نبودن پروفیل آمینواسیدهای ضروری نظیر متیونین، هیستیدین، سیستئین و تیروزین در پودر گاماروس نسبت به پودر ماهی باشد. کمبود آمینواسیدهای ضروری سبب کاهش رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی ماهی می شود (Azimi, 2009). Suontama و همکاران (2007) نیز بیان کردند که افزایش استفاده از پودر آمفی پودا، سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین جیره می شود.

در مطالعه حاضر بر روی تاسماهی سیبری افزایش سطح جایگزینی گاماروس سبب کاهش نرخ کارایی چربی گردید. Olsen و همکاران (2006)، دریافتند که استفاده از سخت پوستانی مانند کریل سبب کاهش جذب میزان چربی جیره گردید که دلیل آن می‌تواند وجود کیتین در جیره غذایی باشد که عامل اسهال در ماهی است. استفاده از پودر گاماروس در جیره غذایی بچه تاسماهیان سیبری روی بقا تاثیر منفی نداشت که مشابه با یافته های پیشین روی آلوین ماهیان قزل آلای رنگین کمان (Azimi, 2009; Alavi Yeganeh *et al*., 2003)، بچه فیل ماهی (Mohammadi *et al*., 2008) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Moore *et al*., 1988; Suontama *et al*., 2007) می باشد. بررسی مربوط به آنالیز ترکیبات شیمیایی بدن نشان داد که با افزایش سطوح جایگزینی، میزان خاکستر لاشه افزایش یافت که نتیجه حاصل مطابق با نتایج Azimi (2009)، Alavi Yeganeh (2003) و همکاران (2003) و Mohammadi و همکاران (2008) بود. علت این افزایش به احتمال قوی وجود مقدار بالای مواد معدنی در ترکیبات لاشه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

بدن گاماروس است. بالاترین میزان رطوبت لاشه مربوط به تیمار GM40 بود که اختلاف معنی داری با تیمار شاهد و دیگر تیمارها نشان نداد. از آنجایی که میزان چربی با رطوبت لاشه رابطه عکس دارد لذا در همین تیمار کمترین میزان چربی مشاهده شد که با یافته های Azimi (2009) وAlavi Yeganeh و همکاران (2003) و Mohammadi و همکاران (2008) مغایرت داشت. دلیل این تغییرات احتمالاً با افزایش میزان جایگزینی سبب بالا رفتن میزان کیتین در جیره شده، پس می توان نتیجه گرفت که ماهیان برای تامین انرژی مورد نیاز از ذخایر چربی بدن استفاده نموده که سبب کاهش میزان چربی لاشه گردیده است. نتایج Hardy و Tacon (2002)، Soleimani و همکاران (2016) روی ماهی قزل آلا و تاسماهی سیبری با نتایج مطالعه حاضر مطابق بود.

نتایج به دست آمده در این مطالعه مشخص نمود که جایگزینی پودر گاماروس با پودر ماهی در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری سبب بهبود فاکتورهای رشد و تغذیه شد. بنابراین استفاده از پودر گاماروس با سطوح ۱۰ تا ۲۰ درصد به جای پودر ماهی در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری با توجه به فراوانی آن، ارزش غذایی پودر گاماروس و بهبود عملکرد رشد و کارایی غذایی توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه در محل مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور انجام شد. بدینوسیله از همکاری بی‌دریغ کارکنان محترم این مرکز و از دوستان گرامی، آقایان مهندس مکنت خواه، مهندس رحمتی، مهندس نصرتی موفق و مهندس ریحانی کمال تشکر را داریم.

منابـع

Afshar Mazandaran, A. 2003. Practical guide to nutrition and inputs aquatic food and medicine in Iran. 1st edition. Publications Noorbakhsh. 54 p. (in Persian).

Akhlaghi, M., Mirab Borujerdi, M. 1999. The effect of anesthetic clove in fish and determine the LC_{50}. Tehran University Veterinary Journal. 54: 49-52. (in Persian).

Alavi Yeganeh, M. 2005. The effects of sea and river *Gammarus* flour as a food supplement on the growth and survival of larval fish rainbow trout (*Oncorhynchus mykis*). Master's thesis. Tarbiat Modarres University. 52 p. (in Persian).

Alavi Yeganeh, M., Abedyan Kenari, A., Rezaei, M., Mohammadi Azarm, H. 2003. Increased resistance to environmental stresses pH and temperature in rainbow trout larvae (*Oncorhynchus mykis*) by feeding *gammarus* meal. Journal of Marine Science. 3(3): 57-66. (in Persian)

AOAC. 1995. Association of official analytical chemists. Official Methods of Analysis (14th edition).

Azimi, A. 2009. The effect of partial replacement of fishmeal with Amphypoda meal on growth, survival and carcass composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Master's thesis. Gorgan University of Natural Resources. 92 p. (in Persian).

Azimi, A., Hosseini, A., Sodagar, M., Aslan Parviz, H. 2011. Substitution effect Kilka part of the Caspian Sea *Gammarus* powder on growth performance, feed conversion ratio and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykis*). Iranian Journal of Fisheries. 20(1): 63-74. (in Persian).

Bronzi, P., Rosenthal, H., Gessner, J. 2011. Global sturgeon aquaculture production: an overview. Journal of Applied Ichthyology. 27(1): 169-175.

Falahatkar, B. 2015. Feeding and feed formulation in aquatic organisms. 1st edition. Jihad-e-Agriculture Institute of Technical and Vocational Higher Education, Tehran. 334 p. (in Persian)

Dong, F.M., Hardy, R.W., Haard, N.F., Barrows, F.T., Rasco, B.A., Fairgrieve, W.T., Forster, I.P. 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. Aquaculture. 116(2): 149-158.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

Emre, Y., Sevgili, H., Diler, İ. 2003. Replacing fish meal with poultry by-product meal in practical diets for mirror carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 32: 212-253.

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 baeri*, habituated to a semitropical environment. Journal of the World Aquaculture Society. 42: 313-320.

Hardy, R., Kissil, G. 1997. Trends in aquaculture feeding: We can now obtain a kg of salmon weight gain for each kg of feed. Feed Mix. 5: 31-37.

Hardy, R.W., Tacon, A.G. 2002. Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. Marine Aquaculture. 3(7): 311-325.

Holčik, J. 1989. The Freshwater Fishes of Europe. Vol. 1, Part II. General Introduction to Fishes. Acipenseriformes. AULA-Verlag, Wiesbaden. pp. 227-262.

Hu, L., Yun, B., Xue, M., Wang, J., Wu, X., Zheng, Y., 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.

Kissil, G.W., Lupatsch, I., Higgs, D., Hardy, R. 1997. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal and their effects on growth and aquaculture nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. Aquaculture Research. 31(7): 595-601.

Koops, H., Tiews, K., Gropp, J., Beck, H. 1979. Krill, *Euphausia superba* in trout diets. In: Proceedings of World Symposium on Fin fish Nutrition and Fish feed Technology. Hamburg, Berlin. 2(4): 281-292.

Lee, H.J., Lee, S.Y. 2001. Heat transfer correlation for boiling flows in small rectangular horizontal channels with low aspect ratios. International Journal of Multiphase Flow. 27: 2043-2062.

MacNeil, C., Dick, J.T., Elwood, R.W. 1997. The trophic ecology of freshwater *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda): problems and perspectives concerning the functional feeding group concept. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. 72(3): 349-364.

Medale, F., Blanc, D., Kaushik, S.J. 1991. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*. II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. Aquaculture. 93(2): 143-154.

Mirzajani, A., Daghigh Rouhi, J., Armoudeli, R., Moradi, M., Bagheri, S. 2008. The chemistry of the *Pontogammarus* Caspian Sea and (*Cyprinus carpio*) fed them. Proceedings of the First National Conference on Caspian Sea fishery resources. Master's thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 70 p. (in Persian).

Mohammadi, F., Khara, H., Mohseni, M., Yazdani, M., Seyed Hasani, M., Yeganeh, H. 2008. The effect of different levels of the Caspian Sea *Gammarus* meal on growth Beluga juveniles (*Huso huso*). Proceedings of the First National Conference on fishery resources of the Caspian Sea. Master's thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 81 p. (in Persian).

Moore, M.W., Carbone, F.R., Bevan, M.J. 1988. Introduction of soluble protein into the class I pathway of antigen processing and presentation. Cell. 54(6): 777-785.

Moren, M., Suontama, J., Hemre, G.I., Karlsen, Ø., Olsen, R.E., Mundheim, H., Julshamn, K. 2006. Element concentrations in meals from krill, *Euphausia superba* and Amphipods, possible alternative protein sources in complete diets for farmed fish. Aquaculture. 261(1): 174-181.

Olsen, R.E., Sountama, J., Langmyhr, E. Mundheim, H. RingØ, E., Melle, W., Malde, M.K., Hemre, G. 2006. The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture Nutrition. 12(4): 280-290.

Razgardani Sharahi, A., Firouz bakhsh, F., Nosrati Movaffagh, A., Sanchuli, H. 2016. Replacement of fish meal with *Gammarus* meal and its effects on growth performance in, feed conversion ratio and survival of goldfish *Carassius auratus*. The Second International Conference on Sustainable Development, Strategies and Challenges, with a Focus on Agriculture, Natural Resources. Environment and Tourism in Tabriz. pp. 21-30. (in Persian).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]

Ronyai, A., Csengeri, I., 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(6): 682-684.

Shafizadeh, H. 1995. The basic process of reproduction *Gammarus* (crustaceans, Amphipod). Translation: Shafi'zadeh, h. Plant propagation and breeding martyr Beheshti. pp. 39-43. (in persian).

Sodagar, M., Keyvanlu, S., Baghaei, F. 2004. *Gammarus* extract in the food-making and growth factors for sturgeon fish. Available from http://www.magiran.com/p1084055. Accessed on 16th November 2005. (in Persian).

Soleimani, S.M., Sajjadi, M.M., Falahatkar, B., Yazdani, M.A. 2016. Fish meal replacement powder earthworm (*Eisinia foetidae*) in diet for Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) and its effect on growth performance, feed efficiency and carcass composition. Journal of Aquatic Ecology. 5: 21-30. (in Persian).

Stankus, T. 2013. Reviews of science for science librarians: eating small pelagic fish vs. using them to produce fishmeal and fish oil for aquaculture and livestock feed: A controversy of interest to librarians serving the marine and food sciences. Science and Technology Libraries. 32(1): 45-67.

Steele, D.H., Steele, V.J. 1975. The biology of *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda) in the northwestern Atlantic. XI. Comparison and discussion. Canadian Journal of Zoology. 53(8): 1116-1126.

Suontama, J., Karlsen, Ø., Moren, M., Hemre, G.I., Melle, W., Langmyhr, E., Mundheim, H., Ringø, E., Olsen, R.E. 2007. Growth, feed conversion and chemical composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed diets supplemented with krill or amphipods. Aquaculture Nutrition. 13(14): 241-255.

Tibbetts, S.M., Milley, J.E., Lall, S.P. 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingredients by Atlantic cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). Aquaculture. 261(4): 1314-1327.

Tidwell, J.H., Allan, G.L. 2001. Fish as food: aquaculture's contribution. EMBO Reports. 2(11): 958-963.

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.

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(1): 117-127.

Williams, K.C., Barlow, C.G., Rodgers, L., Hockings, I., Agcopra, C., Ruscoe, I. 2003. Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. Aquaculture. 225(1): 191-206.

Williot, P., Sabeau, L., Gessner, J., Arlati, G., Bronzi, P., Gulyas, T., Berni, P. 2001. Sturgeon farming in Western Europe: recent developments and perspectives. Aquatic Living Resources. 14(6): 367-374.

Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S., Hata, K. 2006. Evalution of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Aquaculture. 261(1): 440-446**.**

Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y., Wu, X., Li, J. 2014. Fish meal 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.

Yuyu, L.Y.W., 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: 30-41.

Zhou, Q.C., Mai, K.S., Tan, B.P., Liu, Y.J. 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture Nutrition. 11(3): 175-182.

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(2): 389-395.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-07-03]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.11.9]