



جایگزینی پودر ماهی با پودر گاماروس و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد و ترکیب بدن *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) سیبری

علی رازگردانی شراهی^۱، بهرام فلاحتکار^{۱*}، ایرج عفت پناه^۲

^۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، صندوق پستی ۱۱۴۴
^۲ مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور، سیاهکل، ایران

نوع مقاله:

پژوهشی

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 (\pm خطای استاندارد) $14/24 \pm 0/15$ 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 ($P > 0/05$). تیمارهای ۱۰ و ۲۰ درصد از نظر شاخص‌های 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 ($P < 0/05$). آنالیز شیمیایی ترکیبات بدن اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها نشان نداد ($P > 0/05$). بر اساس نتایج به دست آمده، افزودن پودر گاماروس تا میزان ۲۰ درصد جایگزین پودر ماهی در جیره بچه تاسماهی سیبری توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی:

آرد گاماروس
آرد ماهی
پروتئین
ماهیان خاویاری

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز به غذا، امروزه آبریان 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 آبرزی پروری به شمار می‌روند (Bronzi et al., 2011). تاسماهی سیبری (*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 (Yoshitomi)

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

اصولی این ماهیان را آمفی پودها، ایزوپودها، لارو شیرونومیده و پلی کیت‌ها تشکیل می دهد (Holčik, 1989).

امروزه تهیه غذا از مهمترین فرایندها در آبی 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 خوش خوراکی، 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 آبی 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). آبی پروری با نرخ ۱۱ درصد در هر سال در حال رشد است، در حالی که تولید سالانه پودر ماهی ثابت و حدود ۶-۷ 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 آبی 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 فرآورده 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 می شود (Hardy and Kissil, 1997). مطالعات مختلفی در زمینه جایگزینی برخی منابع حیوانی در تاسماهی سبیری نظیر جایگزینی پودر ماهی با پودر کرم خاکی روی تاسماهی سبیری 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 سبیری 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 سبیری 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 رودخانه ها و آب های 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 می گیرند (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

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 آلا (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 سبیری به عنوان منبع پروتئینی و تأثیر آن بر عملکرد رشد، کارایی غذا، نرخ بقا و ترکیبات شیمیایی بدن بچه ماهیان سبیری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه از مهر تا آذر ماه ۱۳۹۴ در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل واقع در استان گیلان، طی مدت ۹ هفته انجام شد. بچه تاسماهیان سبیری 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 ۱/۸۵ و عمق ۰/۲۵ متر) انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد (جدول ۱) تغذیه شدند. پس از پایان مدت سازگاری، تعداد ۲۲۵ عدد بچه تاسماهی سبیری با میانگین وزن اولیه (\pm خطای استاندارد) $0.15 \pm 14/24$ گرم و به تعداد ۱۵ عدد در هر حوضچه، بین ۱۵ حوضچه با حجم آبیگری ۸۰۰ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی توزیع شدند. آب مورد نیاز از رودخانه خراورد تأمین گردید. در طی انجام مطالعه، دبی آب ورودی به مخازن پرورشی به طور متوسط $0.48 \pm 9/41$ 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 دیجیتالی و دستگاه اکسی-پی اچ متر دیجیتال (WTW 340, Weilheim, Germany) اندازه گیری و ثبت گردید. میانگین دمای آب در طی مطالعه $0.53 \pm 18/54$ سانتی گراد، اکسیژن محلول $0.19 \pm 7/89$ میلی گرم در لیتر و pH آب $0.1 \pm 8/09$ 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 ۳ تکرار با سطوح جایگزینی (GM0, GM10, GM20, GM30, GM40) درصد پروتئین پودر گاماروس به جای پروتئین پودر ماهی که از نظر پروتئین و انرژی برابر بودند استفاده شد (جدول ۱). 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

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 ۲۵-۳۰ 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 می شد. 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 می گرفت 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 می گرفت. 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 امعاء 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):

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

$BWI (\%) = 100 \times \frac{[وزن اولیه (گرم) / (وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم))]}{100}$

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

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

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

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

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

$100 \times [طول کل (سانتی‌متر) / وزن ماهی (گرم)] = CF$

$100 \times [وزن ماهی (گرم) / وزن کبد (گرم)] = HSI (\%)$

$100 \times [وزن ماهی (گرم) / وزن امعاء و احشاء (گرم)] = VSI (\%)$

$100 \times [تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در انتهای دوره] = SR (\%)$

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 ۲۰- درجه سانتی‌گراد 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 لاشه‌ها به اندازه‌های 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 روش‌های مندرج در AOAC (1995) صورت گرفت. به این منظور برای اندازه‌گیری 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) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی آماری از نرم افزار SPSS (Version 16, Chicago, USA) استفاده شد. برای کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) و برای کنترل همگنی واریانس‌ها 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 میانگین‌ها، از آزمون توکی (Tukey) استفاده شد. سطح معنی داری در این آنالیز، $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

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

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

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 ۶۰۰۰ IU D3، ویتامین ۹۰۰۰ IU A، ویتامین ۱۵ K3 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 بیوتوکس (Biotox)، شرکت آراین دام البرز، البرز، ایران.

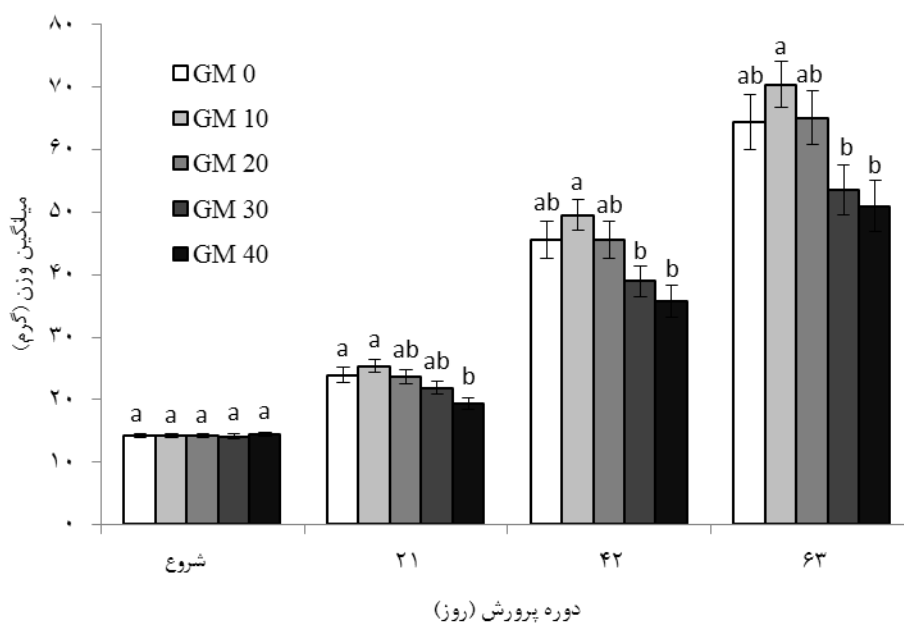
^۵ انرژی بر حسب مگاژول بر کیلوگرم جیره (1 MJ/kg = 239.006 Kcal/kg).

نتایج

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 ($P < 0/05$).

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 ($P < 0.05$). 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 ($P > 0.05$)، اما شاخص های 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 ($P < 0.05$). 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 ($P < 0.05$). 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 ($P < 0.05$). در شاخص های PER و LER اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). در تیمار GM10 اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و GM40 نشان داد ($P < 0.05$)، ولی VSI اختلاف معنی داری بین تیمارها نشان نداد ($P > 0.05$). 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 \pm خطای استاندارد). حروف متفاوت بر روی هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی داری می باشد ($P < 0.05$).

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

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

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است ($P < 0.05$).
تعداد نمونه $n = 6$ برای سنجش شاخص کبدی و احشایی در هر تیمار.

جدول ۳. نتایج حاصل از آنالیز لاشه بچه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گاماروس در ابتدا و انتهای دوره مطالعه ۹ هفته‌ای (بر اساس وزن تر؛ $n = 3$ ؛ میانگین \pm خطای استاندارد).

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

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

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 ۱۰ 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 جیره‌ها یکسان بود و به نظر می‌رسد عوامل دیگری نظیر مقدار بالای کیتین که تأثیر منفی بر روی قابلیت هضم و جذب ماکرونوترینت‌های جیره غذایی دارد سبب کاهش رشد در سطح بالای پودر گاماروس می‌شود (Koops *et al.*, 1979). Mohammadi و همکاران (2008) نیز با جایگزینی صفر تا ۱۲ درصدی پودر گاماروس با پودر سویا در جیره غذایی بچه فیل ماهیان نشان دادند که افزودن ۱۲ 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.*, 2007; Suontama *et al.*, 2006)، پودر گاماروس در جیره غذایی آلون قزل آلای رنگین کمان (Alavi Azimi *et al.*, 2011) و کیپور 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 سبیری، سبب بالا رفتن ضریب تبدیل غذایی شد. علت این افزایش را می‌توان به خاطر بالا بودن میزان کیتین در پوسته خارجی گاماروس دانست که با یافته‌های مطالعاتی که روی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Moren *et al.*, 2006; Suontama *et al.*, 2007)، بچه فیل ماهیان دریای خزر (Mohammadi *et al.*, 2008)، آلون 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 می‌رسد که افزودن پودر گاماروس به جیره سبب رشد بسیار خوبی در ماهیان شود در حالی که افزایش سطح جایگزینی سبب کاهش عملکرد رشد بچه تاسماهی سبیری شد. دلیل این موضوع به احتمال قوی می‌تواند 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 می‌شود (Azimi, 2009). Suontama و همکاران (2007) نیز بیان کردند که افزایش استفاده از پودر آمفی پودا، سبب کاهش قابلیت هضم پروتئین جیره می‌شود.

در مطالعه حاضر بر روی تاسماهی سبیری 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 تاسماهی سبیری روی بقا تأثیر منفی نداشت که مشابه با یافته‌های پیشین روی آلون 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.*, 2007; Suontama *et al.*, 1988) می‌باشد. 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 و همکاران (2003) و Mohammadi و همکاران (2008) بود. علت این افزایش به احتمال قوی وجود مقدار بالای مواد معدنی در ترکیبات لاشه

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) و Alavi 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 می گردد.

تشکر و قدردانی

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

منابع

- 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 LC₅₀. 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 mykiss*). 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 mykiss*) 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 mykiss*). 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.
- Falihatkar, 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.

- 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.
- Holčík, 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., Tiewes, 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).

- 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., Karlsten, 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. Evaluation 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.