Archive of SID

# اثر جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو (کنجاله سویای فرآوری شده) بر عملکرد رشد و ترکیب بدن بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

**خدیجه تقوا[1]، بهرام فلاحتکار*[2،1]، میر مسعود سجادی[1]**

[1]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

[2]گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

*نویسنده مسئول: falahatkar@guilan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۲۵

**چکیده**

این تحقیق به منظور بررسی اثر جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو (کنجاله سویای فرآوری شده) بر عملکرد رشد و ترکیب بدن بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) انجام گرفت. بدین منظور، ۱۰۵ عدد بچه تاسماهی سیبری با میانگین وزن اولیه ۱/۰۷±۱۷۱/۷۹ گرم در پنج تیمار با سه تکرار توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل شاهد (AP0)، ۲۰ (AP20)، ۴۰ (AP40)، ۶۰ (AP60) و ۸۰ (AP80) درصد جایگزینی پروتئین آکوپرو به جای پروتئین پودر ماهی بود. غذادهی ماهیان بر اساس اشتها و روزانه در چهار نوبت و به مدت ۹۰ روز انجام شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، وزن کسب شده، ضریب تبدیل غذایی، درصد افزایش وزن بدن، طول نهایی، فاکتور وضعیت، نرخ رشد ویژه، نرخ بازده پروتئین، نرخ بازده چربی و بقا در بین تیمار شاهد با دیگر تیمارها وجود ندارد. با این حال، در بین تیمارهای حاوی آکوپرو، تیمار AP60 بهترین عملکرد رشد را نشان داد ($P>0/05$). همچنین براساس نتایج آنالیز شیمیایی ترکیبات بدن، در میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد و دیگر تیمارها مشاهد نشد ($P>0/05$). بر اساس نتایج، با توجه به اهمیت پودر ماهی و قیمت بالای آن، ارزش غذایی آکوپرو و دسترسی آسان، بهترین عملکرد رشد و عدم تاثیر منفی روی شاخص‌های نامبرده شده در تیمارهای AP60 و AP80، جایگزینی ۶۰ تا ۸۰ درصد پروتئین پودر ماهی با پروتئین آکوپرو در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری قابل توصیه است.

**واژگان کلیدی:** ماهیان خاویاری، پودر ماهی، تغذیه، پروتئین گیاهی، ترکیب لاشه.

## مقدمه

آبزی‌پروری در راستای تأمین نیازهای غذایی انسان و استفاده از مواد پروتئینی با منشأ حیوانی که کیفیت مطلوب دارند، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Hansen *et al*., 2007). 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 آبزی‌پروری به شمار می‌روند (Bronzi *et al*., 2011). در میان گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری، تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*)، به علت دارا بودن ویژگی‌های ارزشمندی همچون رشد سریع، مقاومت در برابر استرس و سازگاری با شرایط پرورشی یکی از بهترین گونه‌ها برای آبزی‌پروری محسوب می‌شود (Eslamloo *et al*., 2012; Falahatkar *et al*., 2014). همچنین به دلیل دامنه تحمل تغییرات دمایی و تولید خاویار در سن کم، در سراسر جهان به منظور تولید گوشت و خاویار مورد استفاده قرار می گیرد (Hamlin *et al*., 2011; Falahatkar, 2018). این گونه ساکن آب‌های نواحی مصب و دلتای رودخانه های سیبری است و منابع غذایی اصلی این ماهیان را آمفی‌پودها، ایزوپودها، لارو شیرونومیده و پلی‌کیت‌ها تشکیل می‌دهد (Holčik, 1989).

با توجه به نقش تغذیه در آبزی‌پروری و پذیرش این موضوع که جیره غذایی ماهیان ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه‌های پرورش را به خود اختصاص می‌دهد، پرورش و تولید موفقیت‌آمیز به استفاده از خوراک کامل با ترکیب بهینه وابسته است (Cho *et al*.,

www.SID.ir

Archive of SID

2005). در شرایط پرورشی، تغییر رژیم غذایی از غذاهای زنده به غذاهای مصنوعی در دوران لاروی ماهیان کلیدی‌ترین مرحله تکاملی لارو بوده و جیره مناسب از لحاظ کیفیت، میزان مصرف و مدت زمان ماندگاری در آب بسیار حائز اهمیت است (Cahu and Infante, 2001). اگرچه هزینه غذا در این مرحله بسیار بالاست، ولی نسبت به دیگر دوره‌های پرورشی به مقدار کمتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر غذایی که برای پرورش ماهیان خاویاری استفاده می‌شود بر پایه پودر ماهی با کیفیت بالا و به عنوان اصلی ترین منبع پروتئینی است (Zhu *et al*., 2011). این ماده که از خود ماهی یا بقایای حاصل از فـرآوری آبزیان تأمین می‌شود از لحاظ تغذیه‌ای بسیار غنی است (FAO, 2019) و بین ۶۰ تا ۷۵ درصد پروتئین خام دارد. برخورداری از پروفایل آمینواسیدی متعادل و متناسب با نیازهای غذایی ماهیان و خوش خوراکی آن برای ماهیان گوشت خوار از دیگر امتیازات این ماده محسوب می‌شود (Hardy, 2002)، اما به دلیل کاهش تولید پـودر ماهی در سال‌های آینده، این محصول پاسخگوی نیاز رو به افزایش آن در زمینه مصارف انسانی، صنعتی، دامی و غیره نخواهد بود (Stankus, 2013). عنوان گردیده است که تقاضای بخش آبزی‌پروری برای پودر ماهی تا سال ۲۰۳۰ به رقم ۱۰/۴ میلیون تن بالغ گردد که بسیار بیشتر از رقم پیش بینی شده ۷/۶ میلیون تن تولید جهانی این ماده غذایی در این سال می‌باشد (World Bank, 2013). علاوه بر محدود بودن دسترسی، پودر ماهی به عنوان یک ماده گران قیمت در تغذیه آبزیان بوده و جایگزینی آن با مواد غذایی ارزان قیمت با منشاء حیوانی یا گیاهی امری ضروری می‌باشد (Wang *et al*., 2012).

در بین منابع جایگزین، اقلام گیاهی به دلیل خصوصیاتی نظیر هزینه پایین و تامین پایدار (Gatlin *et al*., 2007; Hardy, 2010) گزینه‌های مناسبی می‌باشند. از میان پروتئین‌های گیاهی، کنجاله سویا گزینه مناسبی برای جایگزینی پودر ماهی به شمار می‌رود. این ماده دارای تولیدی در حدود ۳۴۰ میلیون تن در سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ (FAO, 2019) بوده است. سویا دارای مشتقات زیادی است که به صورت گسترده در غذای دام، طیور و آبزیان استفاده می‌شود (Swick *et al*., 1995). با توجه به خصوصیات سویا از قبیل پروتئین بالا، درصد جذب و هضم بالا، پروفایل آمینواسیدی کامل، دسترسی آسان، قیمت پایین و خوش خوراکی زیاد، در جیره های غذایی تجاری در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از آن استفاده می‌شود (Tibaldi *et al*., 2006; Kim *et al*., 2007; Gatlin *et al*., 2007). سویا مزیت‌های دیگری نیز دارد که از آن جمله می‌توان به مقاومت در برابر فساد اکسیداسیونی اشاره نمود، همچنین به صورت طبیعی نسبت به پودر ماهی عاری از قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌های مضر برای ماهی و میگو است (Swick *et al*., 1995)، اما این ماده دارای ترکیباتی است که باعث می‌شوند کارآیی بعضی از آنزیم‌ها محدود شده و در نتیجه رشد کاهش یابد. این ترکیبات ضدمغذی شامل محدود کننده‌های تریپسین، آنتی‌ژن‌ها، لکتین، ساپونین و الیگوساکاریدها می‌باشند. از این رو، حذف عوامل ضدتغذیه‌ای برای افزایش سطح سویای جایگزین شده در جیره ماهی ضروری است (Gatlin *et al*., 2007). تکنیک‌های فرآوری مختلفی از جمله خیساندن، پوسته کنی، پختن و تخمیر برای از بین بردن و کاهـش مـواد ضدتغذیه ای سـویا استفاده می‌شود (Egounlety and Aworh, 2003; Refstie *et al*., 2005; Yamamoto *et al*., 2010).

آکوپرو یکی از مشتقات حاصل از سویا است که در آن کنجاله سویا، فرآوری شده و تحت تیمار آنزیمی و عملیات اکستروژن قرار گرفته و مواد ضد تغذیه‌ای آن به شکل چشم‌گیری کاهش یافته است. جذب فوق‌العاده به دلیل پروفایل آمینواسیدی مطلوب، کاهش چشمگیر مواد ضدتغذیه‌ای به دلیل فرآوری، عدم بروز مشکلات مربوط به مصرف


www.SID.ir

Archive of SID

پروتئین‌های گیاهی در جیره آبزیان و دارا بودن ۵۱ درصد پروتئین از ویژگی‌های اصلی این محصول محسوب می‌شود (موحدراد و همکاران، ۱۳۹۷). آکوپرو به دلیل فرآوری خاص دارای مولکول‌های پروتئینی با سایز کوچک‌تر در مقایسه با سایر منابع پروتئین گیاهی خام می‌باشد. داشتن مولکول‌های پروتئینی با اندزه کوچک نه تنها انرژی کمتری برای هضم و جذب نیاز دارند، بلکه انواع گونه‌های آبزی گوشتخوار مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و برخی از گونه‌های ماهیان خاویاری قابلیت استفاده از این منبع پروتئین را دارند. همچنین در فرایند تولید آکوپرو با اعمال تیمارهای مختلف سه مرحله‌ای سطح مواد ضدتغذیه‌ای آن به حداقل رسیده است. مجموع فرآوری‌های انجام شده بر روی این ماده موجب بالا رفتن میزان پروتئین، کاهش چشمگیر مواد ضدتغذیه‌ای و افزایش قابلیت هضم و جذب شده و آن را به جایگزینی مناسب برای منابع پروتئین حیوانی در جیره غذایی آبزیان تبدیل نموده است.

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه جایگزینی پودر ماهی جیره با سویای چربی‌زدایی شده (Tantikitti *et al*., 2005)، پوسته زدایی شده (Choi *et al*., 2004)، حرارت داده (Peres *et al*., 2003)، استخراج شده به‌وسیله حلال (Boonyaratpalin *et al*., 1998)، تخمیر شده (Refstie *et al*., 2005; Yamamoto *et al*., 2010) و پرتودهی شده (ستوده و همکاران، ۱۳۹۴) انجام شده است. با توجه به این‌که مطالعه‌ای در زمینه جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو در ماهیان خاویاری انجام نشده است، بنابراین این تحقیق جهت تعیین سطح مناسب آکوپرو در جیره غذایی تاسماهی سیبری به عنوان منبع پروتئینی جایگزین پودر ماهی 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 آبان تا اسفند ۱۳۹۷ در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان طی مدت ۹۰ روز به همراه دو هفته سازگاری ماهی انجام شد. بچه تاسماهیان سیبری مورد مطالعه در آبان ۱۳۹۷، از مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان انتقال داده شدند. قبل از شروع مرحله اصلی مطالعه، ماهیان جهت سازگاری با شرایط جدید به مخازن فایبرگلاس انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد بر پایه پودر ماهی مورد تغذیه قرار گرفتند.

پس از اتمام مدت سازگاری، ۱۵۰ عدد بچه تاسماهی سیبری با میانگین وزن اولیه ۱/۰۷±۱۷۱/۷۹ گرم و به تعداد ۷ عدد در ۱۵ مخزن فایبرگلاس با ظرفیت ۴۵۰ لیتر در ۵ تیمار و ۳ تکرار توزیع و به مدت ۹۰ روز مورد تغذیه قرار گرفتند. سیستم پرورشی در یک مکان سرپوشیده قرار داشت. تأمین آب مورد نیاز در مطالعه حاضر از طریق چاه انجام شد. میانگین دما، دبی، اکسیژن محلول و pH آب به ترتیب ۰/۶±۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد، ۲/۷±۸/۷ لیتر در دقیقه، ۰/۹±۶ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۲±۸/۳ بود. دوره نوری برای پرورش شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود.

**طراحی آزمایش و تغذیه:** در این مطالعه ۵ تیمار غذایی با سطوح جایگزینی صفر (AP0)، ۲۰ (AP20)، ۴۰ (AP40)، ۶۰ (AP60) و ۸۰ (AP80) درصد پروتئین آکوپرو (کنجاله سویا فرآوری شده) به جای پروتئین پودر ماهی که از نظر پروتئین و انرژی برابر بودند استفاده شد (جدول ۱). آکوپرو مورد استفاده از شرکت سنادام پارس- یسنا مهر، پودر ماهی و روغن ماهی از شرکت پودر ماهی خزر (گیلان، ایران)، پودر گوشت و استخوان از شرکت کشتارگاه صنعتی دام (گیلان، ایران)، آرد ذرت و آرد گندم و سبوس برنج از شرکت اتحاد گیلان و مکمل ویتامینه و معدنی از شرکت لابراتورهای دارویی


www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- فرمولاسیون و ترکیب شیمیایی جیره های آزمایشی مورد استفاده در مطالعه حاضر.

| | سطح جایگزینی آکوپرو (٪) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| اجزای جیره (درصد) | صفر (AP0) | ۲۰ (AP20) | ۴۰ (AP40) | ۶۰ (AP60) | ۸۰ (AP80) |
| پودر ماهی کیلکا [۱] | ۵۰ | ۴۰ | ۳۰ | ۲۰ | ۱۰ |
| آکوپرو [۲] | ۰ | ۱۶ | ۳۲ | ۴۸ | ۶۴ |
| پودر گوشت | ۶/۵۶ | ۸/۱۶ | ۹/۷۶ | ۱۱/۳۶ | ۱۳/۷۵ |
| آرد گندم | ۱۲/۸۷ | ۹/۳۵ | ۵/۸۴ | ۲/۳۲ | ۰ |
| آرد ذرت | ۱۳/۵۷ | ۹/۴۸ | ۵/۴ | ۱/۳۲ | ۰ |
| سبوس برنج | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۰/۲۵ |
| روغن ماهی | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| روغن کانولا | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ |
| ملاس | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مکمل ویتامینه [۳] | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ |
| مکمل معدنی [۴] | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ |
| مخمر | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ |
| نمک | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۲ |
| دی کلسیم فسفات [۵] | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ |
| توکسین بایندر [۶] | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ |
| آنالیز تقریبی * | | | | | |
| پروتئین خام (٪) | ۴۲ | ۴۲ | ۴۲ | ۴۲ | ۴۲/۰۳ |
| چربی خام (٪) | ۱۴/۷۳ | ۱۴/۴۵ | ۱۴/۱۷ | ۱۳/۸۹ | ۱۳/۴۰ |
| رطوبت (٪) | ۷/۶۲ | ۷/۹۵ | ۸/۲۷ | ۸/۶۰ | ۹/۳۲ |
| خاکستر (٪) | ۷/۱۶ | ۷/۱۸ | ۷/۲۰ | ۷/۲۱ | ۶/۶۴ |
| انرژی قابل هضم (MJ/kg) | ۲۶/۸۵ | ۲۶/۵۷ | ۲۶/۳۰ | ۲۶/۰۲ | ۲۵/۶۴ |
| قیمت (ریال/کیلوگرم) | ۱۳۳۶۴۵ | ۱۱۸۴۹۱ | ۱۰۲۱۱۳ | ۸۶۳۴۸ | ۷۱۳۰۶ |

AP مخفف AquPro یا کنجاله سویا فرآوری شده می‌باشد. *آنالیز تقریبی از طریق نرم‌افزار WinFeed انجام شده است. [۱]شرکت پودر ماهی خزر (گیلان، ایران). [۲]شرکت سنادام پارس- یسنا مهر (تهران، ایران). هر کیلوگرم آکوپرو حاوی ۵۱٪ پروتئین، kcal/kg ۲۸۷۰ انرژی قابل متابولیسم، ۱۲٪ رطوبت، ۷٪ خاکستر، ۲/۸٪ چربی، ۴٪ فیبر خام، ۵٪ نشاسته و ۹٪ قند. [۳]شرکت لابراتورهای دارویی سیانس (قزوین، ایران). مکمل ویتامینه (برحسب IU یا میلی گرم در کیلوگرم): دی- ال- آلفا توکوفرول استات IU ۶۰، دی- ال- کوله کلسیفرول IU ۳۰۰۰، تیامین ۱۵ میلی گرم، ریبوفلاوین ۳۰ میلی گرم، پیرودوکسین ۱۵ میلی‌گرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم، اسید نیکوتینیک ۱۷۵ میلی‌گرم، فولیک اسید ۵ میلی گرم، اسکوربیک اسید ۵۰۰ میلی گرم، اینوسیتول ۱۰۰۰ میلی گرم، بیوتین ۲/۵ میلی گرم، کلسیم پنتوتنات ۵۰ میلی گرم، کولین کلراید ۲۰۰۰ میلی‌گرم. [۴]شرکت لابراتورهای دارویی سیانس (قزوین، ایران). مکمل معدنی (برحسب میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم): کربنات کلسیم (۴۰ درصد) ۲/۱۵ گرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم، یدید پتاسیم ۰/۴ میلی گرم، سولفات روی ۰/۴ میلی گرم، سولفات مس ۰/۳ گرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی ۵ گرم، سولفات کبالت ۲ میلی گرم، سلنیت سدیم ۳ میلی گرم، کلرید پتاسیم ۰/۹ گرم، کلرید سدیم ۰/۴ گرم. [۵]شرکت جهان فسفات (رودسر، ایران). [۶]شرکت Bria Biotech LLC (لاس وگاس، آمریکا).

سیانس (قزوین، ایران) خریداری گردید. سپس اقلام غذایی تهیه شده به کارگاه ساخت جیره مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی (سد سنگر، گیلان) انتقال داده شدند. آنالیز تقریبی و فرمولاسیون جیره‌ها توسط نرم‌افزار WinFeed (Limited, Cambridge, UK) انجام گرفت. در مرحله ساخت جیره‌های آزمایشی، ابتدا مواد اولیه پودر شده با الک ۱۰۰ میکرون الک گردید تا نمونه نرم و یکنواختی به دست آید. سپس اقلامی که درصد کمتری در جیره داشتند شامل مکمل معدنی و ویتامینه، توکسین بایندر، مخمر و نمک با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین شده، با دستگاه همزن برقی خوب مخلوط شدند و سپس اقلامی که درصد بالاتری در جیره داشتند شامل پودر ماهی، آکوپرو، آرد ذرت، آرد گندم، سبوس برنج و پودر گوشت و استخوان با ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین، به صورت دستی مخلوط شدند و نهایتاً تمام اقلام به صورت یکنواخت با همدیگر مخلوط شدند. پس از آن، به طور کامل با روغن های ماهی و کلزا ترکیب و با مقدار مناسبی آب (۳۰-۲۵ درصد) مخلوط شدند و یک ترکیب خمیری شکل به دست آمد. مخلوط به دست آمده با چرخ گوشت صنعتی با


www.SID.ir

Archive of SID

چشمه ۲ میلی‌متر دو بار چرخ شد، سپس روی سینی‌ها پخش شد و با استفاده از خشک کن صنعتی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶ ساعت خشک گردید. پس از اتمام مرحله خشک شدن، رشته‌ها به پلت‌های کوچک مطابق با اندازه دهان ماهی شکسته شدند و سپس جیره‌های آزمایشی بسته‌بندی و در محیط خشک و خنک نگهداری شدند.

غذادهی به ماهیان به صورت دستی و روزانه در چهار نوبت (ساعات ۹، ۱۳، ۱۷ و ۲۱) بر اساس اشتها صورت گرفت. هر روز قبل از اولین غذادهی، مخازن سیفون شده و حدود ۵۰ درصد از آب آن‌ها تعویض می‌گردید تا به این طریق باقیمانده‌های غذایی و مدفوع خارج شود. پس از آن، با آبگیری مجدد مخازن مقداری غذا به تدریج و با توجه به اشتهای ماهیان در سطح آب پخش می‌شد.

**اندازه‌گیری فاکتورهای رشد:** زیست‌سنجی ماهیان در طی مدت ۹۰ روز مطالعه، به طور مرتب هر ۱۵ روز یک بار انجام شد. به منظور تخلیه دستگاه گوارش ماهیان، ۲۴ ساعت قبل از زیست سنجی، غذادهی به ماهیان قطع گردید. سپس ماهیان موجود در هر مخزن صید شده و با پودر گل میخک با دوز ppm ۳۰۰ بیهوش (دفاعی و همکاران، ۱۳۹۵) و زیست‌سنجی انجام گرفت. اندازه گیری وزن و طول ماهیان با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۱ گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر انجام شد. در پایان آزمایش، شاخص‌های رشد و تغذیه از جمله وزن کسب شده (WG)، افزایش وزن بدن (BWI)، فاکتور وضعیت (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، بازده پروتئینی (PER)، بازده چربی (LER)، و درصد بقا (SR) بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه و بررسی شد (فلاحتکار، ۱۳۹۴):

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

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

CF = ۱۰۰ × [وزن‌نهایی(گرم)] / [طول (سانتی‌متر)$^3$]

SGR(% / day) = ۱۰۰ × [لگاریتم طبیعی وزن نهایی (گرم) – لگاریتم طبیعی وزن اولیه (گرم)] / تعداد روزهای پرورش

FCR = غذای مصرف‌شده (گرم) / افزایش وزن (گرم)

PER = وزن کسب شده / پروتئین مصرف شده

LER = وزن کسب شده / چربی مصرف شده

SR(%) = ۱۰۰ × (تعداد ماهیان در انتها) / (تعداد ماهیان در ابتدا)

**نمونه‌گیری و آنالیز لاشه:** در انتهای دوره، به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر، نمونه‌گیری از ماهیان صورت گرفت. بدین منظور، ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌گیری غذادهی قطع شده و پس از آن از هر تیمار ۳ عدد ماهی به صورت تصادفی صید و پس از کشته شدن، لاشه آن‌ها برای مراحل بعدی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در مرحله بعد، آنالیز لاشه در آزمایشگاه تغذیه و ساخت غذای آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان انجام شد. به این منظور پس از یخزدایی، ابتدا لاشه‌ها به صورت قطعات بسیار کوچک درآمده تا یک ترکیب همگن به دست آید. آنالیز لاشه بر اساس روش های مندرج در AOAC (۱۹۹۵) صورت گرفت. به این منظور، میزان رطوبت طی عملیات خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در آون، میزان خاکستر با سوزاندن مقدار مشخصی از ماده خشک در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۸ ساعت در کوره سوزان، میزان چربی خام پس از استخراج به وسیله اتر با استفاده از سوکسله (Bakhshi, Tehran, Iran) و میزان پروتئین خام با استفاده از محاسبه نیتروژن (۶/۲۵ × N) و با روش کلدال (Bakhshi, Tehran, Iran) اندازه‌گیری شدند (Tibbetts *et al*., 2006).

**تجزیه و تحلیل آماری:** داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 18, IBM, Armonk, NY, USA) آنالیز شد. جهت نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف


www.SID.ir

Archive of SID

(Kolmogorov–Smirnov test)، همگنی واریانس‌ها از آزمون Levene و تجـزیه و تحلیل داده‌های به روش آنالیز واریانس یکطرفه ( One-Way ANOVA) با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Tukey انجام شد. اختلاف بین میانگین داده‌ها در تیمارهای مختلف با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد.

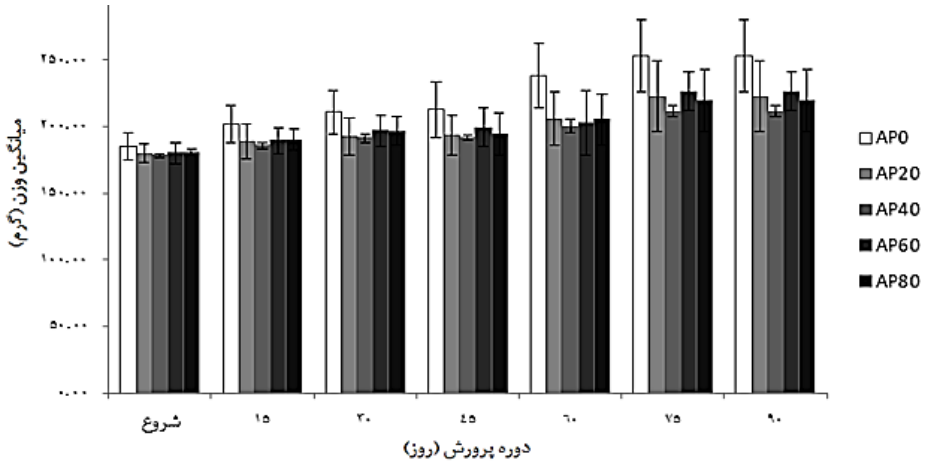
## نتایج

روند رشد ماهیان در طول مدت آزمایش در تیمارهای متفاوت یکسان بود و اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱، $P>۰/۰۵$). شاخص‌های رشد تاسماهی سیبری بعد از ۹۰ روز پرورش با جیره‌های متفاوت جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج، اختلاف معنی‌داری در هیچ یک از شاخص‌های رشد ماهیان از جمله وزن نهایی، طول نهایی، وزن کسب شده، فاکتور وضعیت، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و درصد بقا در بین تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده نشد. با این حال، در بین تیمارهای $AP_{20}$ تا $AP_{80}$، تیمار $AP_{60}$ با داشتن ۱۵/۵۷±۵۴/۹۵ گرم افزایش وزن، بهترین عملکرد رشد را نشان داد ($P>۰/۰۵$).

نتایج آنالیز ترکیبات لاشه در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، افزایش سطوح جایگزینی

جدول ۲- عملکرد رشد در بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف جایگزینی آکوپرو پس از ۹۰ روز پرورش (میانگین ± خطای استاندارد).

| شاخص‌های رشد | سطوح جایگزینی آکوپرو (٪) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AP0 | AP20 | AP40 | AP60 | AP80 |
| وزن اولیه (g) | ۱۷۱/۴۲ ± ۰/۷۱ | ۱۷۱/۹۰ ± ۰/۸۲ | ۱۷۱/۱۸ ± ۰/۸۲ | ۱۷۱/۴۲ ± ۱/۲۴ | ۱۷۱/۴۲ ± ۰/۷۱ |
| وزن نهایی (g) | ۲۵۲/۹۵ ± ۲۷/۰۰ | ۲۲۲/۴۷ ± ۲۶/۴۴ | ۲۱۱/۰۹ ± ۴/۱۴ | ۲۲۶/۳۸ ± ۱۴/۷۱ | ۲۱۹/۵۷ ± ۲۳/۰۸ |
| طول اولیه (cm) | ۳۸/۷۳ ± ۰/۶۷ | ۷۸/۷۸ ± ۰/۶۳ | ۳۹/۱۲ ± ۰/۵۷ | ۳۹/۱۹ ± ۰/۵۷ | ۳۸/۷۸± ۰/۴۳ |
| طول نهایی (cm) | ۴۲/۱۰ ± ۰/۹۹ | ۴۱/۳۶ ± ۱/۵۸ | ۴۰/۵۸ ± ۰/۷۶ | ۴۱/۹۸ ± ۰/۶۲ | ۴۱/۹۵ ± ۱/۰۶ |
| وزن کسب شده (g) | ۸۱/۵۲ ± ۲۷/۳۶ | ۵۰/۵۷ ± ۲۶/۴۳ | ۳۹/۹۰ ± ۳/۵۶ | ۵۴/۹۵ ± ۱۵/۵۷ | ۴۸/۱۴ ± ۲۲/۳۶ |
| افزایش وزن بدن (٪) | ۴۷/۵۷ ± ۱۶/۰۹ | ۲۹/۴۲ ± ۱۵/۴۲ | ۲۳/۳۰ ± ۲/۰۱ | ۳۲/۰۸ ± ۹/۴۲ | ۲۸/۰۴ ± ۱۲/۹۳ |
| فاکتور وضعیت | ۰/۳۴ ± ۰/۰۲ | ۰/۳۲ ± ۰/۰۱ | ۰/۳۱ ± ۰/۰۱ | ۰/۳۲ ± ۰/۰۱ | ۰/۳۲ ± ۰/۰۱ |
| نرخ رشد ویژه (day/٪) | ۰/۵۵ ± ۰/۱۶ | ۰/۳۶ ± ۰/۱۷ | ۰/۳۰ ± ۰/۰۲ | ۰/۳۹ ± ۰/۰۹ | ۰/۳۵ ± ۰/۱۴ |
| ضریب تبدیل غذایی | ۲/۴۶ ± ۰/۷۴ | ۳/۱۰ ± ۰/۸۹ | ۳/۶۰ ± ۰/۲۴ | ۳/۰۷ ± ۰/۴۵ | ۳/۵۰ ± ۱/۱۸ |
| نرخ بازده پروتئین | ۰/۶۶ ± ۰/۲۲ | ۰/۴۱ ± ۰/۲۱ | ۰/۳۲ ± ۰/۰۳ | ۰/۴۴ ± ۰/۱۳ | ۰/۳۹ ± ۰/۱۸ |
| نرخ بازده چربی | ۱/۹۷ ± ۰/۶۶ | ۱/۲۲ ± ۰/۶۴ | ۰/۹۶ ± ۰/۰۹ | ۱/۳۳ ± ۰/۳۸ | ۱/۱۶ ± ۰/۵۴ |
| درصد بقا | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |




شکل ۱- روند رشد تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف جایگزینی آکوپرو طی ۹۰ روز آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد).


www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه تاسماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف جایگزینی آکوپرو پس از ۱۲ هفته غذادهی (بر اساس وزن تر؛ ۳ = n؛ میانگین ± خطای استاندارد).

| ترکیب بدن (٪) | سطوح جایگزینی آکوپرو (٪) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | AP0 | AP20 | AP40 | AP60 | AP80 |
| رطوبت | ۷۶/۷۵ ± ۱/۱۱ | ۷۶/۴۹ ± ۳/۰۱ | ۷۷/۴۳ ± ۱/۸۴ | ۷۸/۲۶ ± ۲/۷۲ | ۷۷/۸۳ ± ۰/۹۵ |
| پروتئین | ۱۵/۳۲ ± ۱/۲۷ | ۱۶/۹۸ ± ۰/۲۲ | ۱۵/۳۱ ± ۱/۱۰ | ۱۵/۵۴ ± ۰/۹۸ | ۱۵/۵۱ ± ۰/۲۷ |
| چربی | ۵/۲۱ ± ۰/۲۰ | ۴/۵۳ ± ۰/۳۳ | ۴/۱۰ ± ۱/۳۱ | ۵/۷۶ ± ۰/۸۴ | ۴/۶۶ ± ۱/۷۴ |
| خاکستر | ۲/۶۴ ± ۰/۴۱ | ۲/۶۲ ± ۰/۳۳ | ۳/۳۲ ± ۰/۳۶ | ۲/۱۱ ± ۰/۰۶ | ۲/۹۰ ± ۰/۹۸ |

سبب افزایش میزان رطوبت لاشه گردید، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد دیده نشد. نتایج مربوط به میزان پروتئین، چربی و خاکستر لاشه نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف با تیمار شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو تاثیر منفی بر شاخص‌های رشد در بچه تاسماهی سیبری ندارد. با این‌که بیشترین میزان رشد در تیمار شاهد مشاهده شد اما اختلافی با جایگزینی آکوپرو در سطوح مختلف دیده نشد. در بین تیمارهای حاوی آکوپرو، تیمار حاوی ۶۰ درصد از این ماده بهترین عملکرد رشد را نشان داد اما اختلاف معنی‌داری دیده نشد. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، یزدانی ساداتی و رضایی (۱۳۹۳) گزارش کردند جایگزینی پروتئین کنسانتره سویا به جای پودر ماهی در جیره غذایی تاسماهی سیبری، اختلاف معنی‌داری در درصد افزایش وزن بدن، افزایش نرخ رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین و ضریب تبدیل غذا در ماهیان تغذیه شده از جیره هایی که در آن پروتئین کنسانتره سویا با سطوح مختلف جایگزین پودر ماهی شده بود نسبت به ماهیان تیمار شاهد نداشت. Bilgüven و Bariş (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان دریافتند که جایگزینی کنجاله سویا و کنجاله آفتابگردان به جای پودر ماهی تفاوت معنی‌داری در نرخ رشد، وزن نهایی و ضریب تبدیل غذا بین تیمارهای مختلف ایجاد نمی‌کند، با این حال شاخص‌های ذکر شده در تیمار تغذیه شده با کنجاله سویا اندکی بیشتر بود. همچنین Kim و همکاران (۲۰۱۰) با جایگزینی پودر ماهی با سویا تخمیر شده میکروبی در جیره غذایی بچه ماهی هالیبوت ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری در میزان رشد مشاهده نمی‌شود. مطالعات متعدد دیگری در مورد استفاده از پروتئین گیاهی سویا توسط سایر محققین صورت گرفته که نتایج مشابه با مطالعه حاضر گزارش شده است. آلبوغبیش و همکاران (۱۳۹۴) با به کار بردن دو روش کاهش مواد ضدتغذیه‌ای سویا از طریق فرآوری فیزیکی و استفاده از مخمر به‌عنوان یک منبع پروتئینی دیگر گزارش کردند که افزایش کنجاله سویا و مخمر نانوایی در جیره ماهی جوان بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*)، بر شاخص‌های رشد تاثیر منفی نداشته و اختلاف بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نبوده است. صفری و بلداجی (۱۳۸۷) در تحقیق مشابهی بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، بیان کردند که با افزایش پروتئین گیاهی شاخص‌های رشد تفاوت معنی‌داری نداشته و همچنین تاثیر منفی بر عملکرد ماهی نخواهد داشت. همچنین در مطالعه روی گربه ماهی آفریقایی (*Clarias batrachus*) مشاهده شد که با افزایش پروتئین گیاهی عملکرد منفی روی شاخص های رشد وجود ندارد (Goda *et al*., 2007). در مطالعه‌ای که توسط Hernandez و همکاران (۲۰۰۷) بر روی ماهی کپور هندی مریگال (*Cirrhina mrigala*) انجام شد گزارش‌هایی از عدم تاثیر منفی جایگزینی پودر سویا در جیره بر روی شاخص‌های رشد ارائه شد. نتایج مشابهی در این خصوص در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus*


www.SID.ir

Archive of SID

*carpio*)، ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) و گربه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) گزارش شده است (Gatlin *et al*., 2007). از سوی دیگر در تقابل با نتایج مطالعه حاضر، موحدراد و همکاران (۱۳۹۷) گزارش کردند که با جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو تا سطح ۵۰ درصد در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رتگین کمان، وزن نهایی و نرخ رشد نسبی به طور معنی‌داری افزایش و میزان ضریب تبدیل غذایی بدون تاثیر معنی‌داری کاهش یافت. همچنین گل محمدی (۱۳۹۰) نشان داد وزن به دست آمده، نرخ تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه در تیمار با ۵۰ درصد جایگزینی پودر ماهی با پروتئین کنسانتره سویا در جیره غذایی ماهی پاکوی قرمز (*Piaractus brachypomus*)، اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها داشت. در مطالعه ای دیگر، Mambrini و همکاران (۱۹۹۹) نیز همین نتیجه را با استفاده از پروتئین کنسانتره سویا در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان تصدیق کردند. مطالعه انجام شده توسط Lim و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد جایگزینی حداقل ۳۰ درصد پروتئین پودر ماهی با کنجاله سویا اصلاح شده در رژیم غذایی ماهی بادکنکی ببری (*Takifugu rubripes*) امکان‌پذیر است.

دسترسی بالا و هزینه کم منابع گیاهی در مقایسه با منابع جانوری از جنبه‌های مثبت این منابع می‌باشد (King, 2004; Lou *et al*., 2006). انجام یک عمل‌آوری مناسب در تهیه آرد منابع گیاهی باعث بالا رفتن قابلیت هضم این ترکیبات در ماهیان می‌شود (Soltan *et al*., 2008). سویا به عنوان یک منبع مناسب و پایدار جهت جایگزینی با پودر ماهی در جیره غذایی تجاری ماهیان پرورشی است (Kikuchi, 1999). به‌طور عمده فرآورده‌های آرد سویا در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Refsite *et al*., 1998) و هر کدام از این محصولات آردی با توجه به فرآیند فرآوری و ساخت، حاوی مواد مغذی و ضد تغذیه‌ای متفاوتی هستند (Hardy, 2000). یکی از دلایل اصلی کاهش رشد در برخی از مطالعات مربوط به جایگزینی پودر ماهی با پروتئین سویا را می‌توان به حضور برخی بازدارنده‌ها مثل بازدارنده تریپسین نسبت داد (Soto *et al*., 1960) که هضم و جذب پروتئین را دچار مشکل می‌کند (Juancey and Rose, 1982). همچنین علاوه بر بازدارنده تریپسین می‌توان به حضور بازدارنده پروتئاز، ساپونین، فیتواستروژن‌ها، ضد ویتامین‌ها، فنول‌ها، تانن‌ها (Francis *et al*., 2005)، ال کاناوانین، متابولیت‌های ثانویه مانند کامسترول و ایزوفلاون (Tetens *et al*., 2009)، فیتات‌ها (Gaweł and Grazelak, 2012) و توکول‌ها (Eskin and Tamir, 2006) اشاره کرد. عوامل مختلفی مانند نیازهای متفاوت هر گونه به آمینواسیدها، مواد تشکیل دهنده جیره‌های غذایی، مقدار مواد ضد تغذیه‌ای ترکیبات جیره، قابلیت هضم و واریته‌های مختلف پروتئین‌های گیاهی در جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های گیاهی از جمله سویا در جیره غذایی ماهیان تأثیرگذارند (Shafaeipour *et al*., 2008; Francis *et al*., 2001; Kikuchi, 1999) و از دلایل مغایرت در پاسخ رشد در گونه‌های مختلف محسوب می‌شوند. احتمالاً علاوه بر موارد فوق، وزن و اندازه ماهی، شرایط پرورش و شاخص‌های کمی و کیفی آب نیز می‌تواند موثر واقع شود (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین گونه های مختلف ماهیان نیز پاسخ‌های متفاوتی در مقابل افزودن انواع مختلف ترکیبات سویا به جیره از خود نشان می‌دهند (Refsite *et al*., 2000). از علل احتمالی در عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار در شاخص های رشد در تحقیق حاضر می‌توان به جذابیت مناسب پودر ماهی برای این گونه و رشد بیشتر، شاخص‌های کمی و کیفی آب در طول دوره آزمایش و سرعت رشد کمتر در وزن بکار رفته نسبت به وزن های پایین‌تر اشاره کرد.

بررسی مربوط به آنالیز ترکیبات شیمیایی بدن نشان داد میزان رطوبت لاشه با افزایش سطوح جایگزینی آکوپرو در جیره افزایش یافت، با این وجود،


www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نگردید. نتایج مربوط به چربی لاشه نیز اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها نشان نداد. در همین راستا، یافته‌های مربوط به آنالیز ترکیبات شیمیایی بدن در مطالعات خواجه پور و همکاران (۱۳۸۹) در فیل ماهی جوان (*Huso huso*)، Biswas و همکاران (۲۰۰۶) در ماهی سیم دریایی قرمز (*Acanthopagrus schlegelii*) و Mazurkiewicz و همکاران (۲۰۰۹) در تاسماهی سیبری نشان داد که با افزایش سطوح جایگزینی پودر ماهی با سویا تغییری در میزان رطوبت و چربی لاشه ایجاد نمی‌شود که با نتیجه مطالعه حاضر مطابقت داشت. نتایج مربوط به میزان خاکستر لاشه اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد. بر این اساس می‌توان گفت محتوای مواد مغذی لاشه تحت تاثیر سطوح جایگزینی آکوپرو قرار نگرفته است. این نتیجه‌گیری با یافته‌های تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) بر روی فیل ماهی، امدادی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی بچه ماهی ازون‌برون ( *Acipenser stellatus*)، محمدی نافچی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی ماهی جوان بنی، Biswas و همکاران (۲۰۰۶) بر روی ماهی سیم دریایی قرمز و Mazurkiewicz و همکاران (۲۰۰۹) بر روی تاسماهی سیبری مطابقت داشت. نتایج متفاوتی هم از کاهش خاکستر بدن به علت تاثیر اسید فیتیک موجود در آرد سویا بر روی بهره‌وری مواد مغذی و از دسترس خارج کردن این مواد در جیره‌های غذایی توسط Elangovan و Shim (۲۰۰۰) و Jose و همکاران (۲۰۰۶) ارائه شده است، اما در مطالعه حاضر، عدم تفاوت معنی‌دار در میزان خاکستر لاشه به دلیل وجود میزان کم اسید فیتیک در آکوپرو به عنوان یک عامل محدود کننده بوده است. میزان پروتئین لاشه ماهیان اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی با تیمار شاهد نداشت که می توان علت آنرا در پروفایل آمینواسیدی مطلوب آکوپرو، کاهش چشمگیر مواد ضدتغذیه‌ای به دلیل فرآوری و دارا بودن ۵۱ درصد پروتئین این منبع گیاهی دانست (موحدراد و همکاران، ۱۳۹۷) که با وجود افزایش سطوح جایگزینی هیچ اثر معنی‌دار و منفی نسبت به تیمار شاهد در میزان پروتئین لاشه نشان نداد. این نتایج، مشابه گزارش های ارائه شده توسط تقی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) و خواجه‌پور و همکاران (۱۳۸۹) بر روی فیل‌ماهی، Silva و همکاران (۲۰۱۲) در بچه ماهی سرخوی خالدار (*Lutjanus guttatus*)، Toko و همکاران (۲۰۰۸) در گربه ماهی (*Heterobranchus longifilis*) و Mazurkiewicz و همکاران (۲۰۰۹) در تاسماهی سیبری بود. همچنین مطالعاتی حاکی از کاهش میزان پروتئین لاشه ماهیان با افزایش سطوح جایگزینی در جیره‌های غذایی انجام شده است که می‌توان به مطالعات Yu و همکاران (۲۰۱۳) در ماهی مکنده چینی (*Myxocyprinus asiaticus*) و Ngandzali و همکاران (۲۰۱۱) در ماهی سیم دریایی اشاره کرد که علت آنرا می‌توان افزایش کاتابولیسم پروتئین سویا با افزایش سطوح جایگزینی آن با پودر ماهی دانست که مستلزم صرف انرژی بیشتر است و نهایتاً با افزایش کاتابولیسم، میزان رشد و پروتئین لاشه کاهش پیدا می‌کند.

نتایج این تحقیق مشخص نمود جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری اختلاف معنی‌داری بر روی شاخص های رشد و ترکیب بدن ندارد. یکی از اهداف مهمی که در این تحقیق دنبال شد کاهش قیمت تمام شده غذا بود، به طوری که با افزایش درصد آکوپرو در جیره، از قیمت تمام شده غذا کاسته شد. کمترین قیمت غذا در جیره ۸۰ درصد آکوپرو مشاهده گردید. با توجه به نتایج کسب شده در این تحقیق، استفاده از آکوپرو در سطح ۶۰ تا ۸۰ درصد تاثیر منفی در عملکرد رشد و ترکیب بدن نداشت و می‌توان با افزایش این منبع پروتئین گیاهی در جیره غذایی تاسماهی سیبری، قیمت تمام شده غذا را به ازای تولید هر کیلوگرم ماهی، کاهش داد. بنابراین، با توجه به اهمیت پودر ماهی و قیمت آن، ارزش غذایی آکوپرو و دسترسی آسان، بهترین


www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد رشد و عدم تاثیر منفی بر روی پارامترهای نامبرده شده، جایگزینی ۶۰ تا ۸۰ درصد پروتئین پودر ماهی با پروتئین آکوپرو در جیره غذایی بچه تاسماهی سیبری قابل توصیه می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کلیه کارکنان مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور به ویژه مهندس بهمن مکنت خواه و دکتر مهدی رحمتی صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی به عمل می آید. همچنین نویسندگان این مقاله از پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر به دلیل حمایت های مالی از این پروژه قدردانی می نمایند.

## منابع

امدادی ب.، سجادی م.، یزدانی م.، شکوریان م.، پوردهقانی م. ۱۳۹۲. اثر جایگزینی آرد ماهی با کنجاله سویا در جیره غذایی بچه ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*)، بر ترکیبات لاشه و فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسمای خون. نشریه بهره برداری و پرورش آبزیان، ۲۲، ۵۴-۴۱.

آلبوغبیش م.، محمدی آذرم ح.، یاوری و.، ذاکری م. ۱۳۹۴. اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا و مخمر نانوایی بر عملکرد رشد و تغذیه ماهیان جوان بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*). مجله زیست شناسی ایران، ۲۸، ۱۴۵-۱۳۶.

تقی‌زاده و.، ایمانپور م.ر.، اسدی ر.، چمن‌آرا و.، شربتی س. ۱۳۸۹. تأثیر جایگزینی پروتئین گیاهی به جای آرد ماهی روی شاخص‌های رشد، کیفیت لاشه و پارامترهای بیوشیمیایی خون فیل ماهی جوان (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران، ۱۹: ۴۲-۳۳.

خواجه‌پور ف. ۱۳۸۹. تاثیر جایگزینی بخشی از پودر ماهی با آرد سویا و اسید سیتریک بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه فیل ماهی جوان (*Huso huso*). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۶۸ ص.

دفاعی س.، فلاحتکار ب.، عفت‌پناه ا. ۱۳۹۵. تأثیر دایجستروم PEP بر رشد و برخی شاخص‌های خونی در بچه فیل‌ماهی (*Huso huso*). علوم و فنون شیلات، ۵: ۹۵-۸۳.

ستوده ا.، امیری‌مقدم ج.، شاه حسینی غ.، باقری د. ۱۳۹۴. تغییرات وزن نهایی، بازماندگی و اسیدهای چرب بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) تغذیه شده با کنجاله سویای پرتودهی و تخمیر شده. تغذیه آبزیان، ۲، ۳۸-۲۵.

صفری ا.، بلداجی ف. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی کانولا و کنجاله سویا با آرد ماهی در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه پژوهش و سازندگی در امور دام و آبزیان، ۷۹، ۵۱-۴۵.

فلاحتکار ب. ۱۳۹۴. تغذیه و جیره نویسی آبزیان. مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، ۳۳۴ ص.

گل‌محمدی ع.ر. ۱۳۹۰. تاثیرکنسانتره پروتئین سویا (Hp300) به عنوان منبع پروتئین گیاهی در جیره غذائی ماهی پاکوی قرمز *Piaractus brachypomus* بر عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیب بدن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان.

محمدی‌نافچی ف.، محمدی آذرم ح.، یاوری و.، سلاطی ا.پ. ۱۳۹۳. توجیه اقتصادی جایگزینی پودر ماهی با منبع پروتئین گیاهی سویا و مخمر نانوایی درجیره غذایی ماهی جوان بنی *Mesopotamichthys sharpeyi*. اولین همایش ملی توسعه پایدار دریا محور.

موحدراد ف.، حاجی‌مرادلو ع.، زمانی ع.، کلنگی ح. ۱۳۹۷. بررسی اثر جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو (کنجاله سویای فرآوری شده) بر عملکرد رشد و فعالیت آنزیم های گوارشی در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۷، ۵۹-۴۷.

یزدانی‌ساداتی م.، رضایی ا. ۱۳۹۳. تاثیر جایگزینی پروتئین کنسانتره سویا بجای پودر ماهی بر شاخص های رشد و ترکیب لاشه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۳، ۸۴-۷۳.


www.SID.ir

Archive of SID

2012. Effects of dietary bovine lactoferrin on growth, physiological performance, iron metabolism and non-specific immune responses of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Fish and Shellfish Immunology* 32, 976-985.

Eskin N.A.M., Tamir S. 2006. Dictionary of Nutraceuticals and Functional food. Taylor and Francis Group, London. 768 p.

Falahatkar B., Eslamloo K., Yokoyama S. 2014. Suppression of stress responses in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) juveniles by the dietary administration of bovine lactoferrin. *Journal of the World Aquaculture Society* 45, 699-708.

Falahatkar B. 2018. Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: An updated synthesis. In: P. Williot, G. Nonnotte, D. Vizziano-Cantonnet, M. Chebanov (Eds.). The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869). Volume 1 – Biology. Springer, Cham, pp: 207-228.

FAO. 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome, Italy. 230 p.

Francis G., Makkar H.P.S., Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199, 197-227.

Francis G., Makkar H.P.S., Becker K. 2005. *Quillaja saponins*- a natural growth promoter for fish. *Animal Feed Science and Technology* 121, 147-157.

Gatlin D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealy W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R., Wurtele E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aqua feeds: a review. *Aquaculture Research* 38, 551-579.

Gaweł E., Grazelak M. 2012. The effect of a protein-xanthophyll concentrate from alfalfa (phytobiotic) on animal production - a current review. *Annuals of Animal Sciences* 12, 281-289.

Goda A.M., El-Haroun E.R., Chowdhury M.A.K. 2007. Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) reared in concrete tanks. *Aquaculture Research*

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

Bilgüven M., Barriş M. 2011. Effect of the feeds containing different plant protein sources on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11, 345-350.

Biswas A.K., Seoka M., Tanaka Y., Takii K., Kumai H. 2006. Effect of photoperiod manipulation on the growth performance and stress response of juvenile red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture* 258, 350-356.

Boonyaratpalin M., Suraneiranat P., Tunpibal T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 161, 67-78.

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

Cahu C., Infante J.Z. 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture* 200, 161-180.

Cho S.M., Gu Y.S., Kim S.B. 2005. Extraction optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. *Food Hydrocoll* 19, 221-229.

Choi S.M., Wang X., Park G.J., Lim S.R., Kim K.W., Bai S.C., Sin I.S. 2004. Dietary dehulled soybeanmeal as a replacement for fish meal in fingerling and growing olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research* 35, 410-418.

Egounlety M., Aworh O.C. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering* 56, 249-254.

Elangovan A., Shim K.F. 2000. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*). *Aquaculture* 189, 133-144.

Eslamloo K., Falahatkar B., Yokoyama S.


www.SID.ir

Archive of SID

*Food Science Biotechnology* 19, 1605-1610.

Kikuchi K. 1999. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 179, 3-11.

King D.C. 2004. implications of the replacement of fish meal in diets for tropical aquaculture species on nutrition and feed formulation. *Master Literature Review* 4, 1-11.

Lim S.J., Kim S.S., Ko G.Y., Song J.W., Oh D.H., Kim J.D., Lee K.J. 2011. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *Aquaculture* 313, 165-170.

Luo L., Xue M., Wu X., Cai X., Cao H., Liang Y. 2006. Partial or total replacement of fish meal by solvent-extracted cottonseed meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 12, 418-424.

Mambrini M., Roem A.J., Carvèdi J.P., Lallès J.P., Kaushik S.J. 1999. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Animal Science* 77, 2990-2999.

Mazurkiewicz J., Przybyi A., Golski J. 2009. Usability of some plant protein ingredients in the diets of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Archives of Polish Fisheries* 17, 45-52.

Ngandzali B.O., Zhou F., Xiong W., Shao Q.J., Xu J.Z. 2011. Effects of dietary replacement of fish meal by soybean protein concentrate on growth performance and phosphorus discharging of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*. *Aquaculture Nutrition* 17, 526-535.

Peres H., Lim C., Klesius P.H. 2003. Nutritional value of heat-treated soybean meal for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 225, 67-82.

Refstie S., Sahlström S., Bråthen E., Baeverfjord G., Krogedal P. 2005. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 246, 331-345.

Shafaeipour A., Yavari V., Falahatkar B., Maremmazi J.G.H., Gorjipour E. 2008. Effects of canola meal on physiological and 38, 279-287.

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.

Hansen A.C., Rosenlund G., Karlsen O., Koppe W., Hemre G.I. 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua*). I - Effects on growth and protein retention. *Aquaculture* 272, 599-611.

Hardy R.W. 2000. Fish feeds and nutrition in the new millennium. *Aquaculture Magazine* 26, 85-89.

Hardy R.W. 2002. Rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). In: C.D. Webster, C.E. Lim. (Eds.). Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing, New York, USA. pp: 184-202.

Hardy R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research* 41, 770-776.

Hernandez M.D., Martinez .F.J, Jover M., Garcia B.G. 2007. Effect of partial replacement of fishmeal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazo*) diet. *Aquaculture* 263, 159-167.

Holčik J. 1989. The Freshwater Fishes of Europe. AULA Verlag, Volume 1, Wiesbaden. 447 p.

Jose S., Mohan M.V., Shyama S., Ramachandran Nair K.G. 2006. Effect of soybean-meal-based diets on the growth and survival rate of the Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Ham.). *Aquaculture* Nutrition 12, 275-279.

Juancey K., Ross B. 1982. A Guide to Tilapia Feed and Feeding. University of Stirling, Scotland, 111 p.

Kim H.J., Bae I.Y., Ahn C.W., Lee S., Lee H.G. 2007. Purification and identification of adipogenesis inhibitory peptide from black soybean protein hydrolysate. *Peptides* 28, 2098-2103.

Kim S.S., Pham M.A., Kim K.W., Son M.H., Lee K.J. 2010. Effects of microbial fermentation of soybean on growth performances, phosphorus availability, and antioxidant activity in diets for juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*).


www.SID.ir

Archive of SID

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 japonicas*), are affected by dietary protein levels. *Aquaculture Research* 43, 117-127.

World Bank. 2013. Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture. Report number 83177-GLB, Agriculture and Environmental Services (AES), Washington D.C., USA. 100 p.

Yamamoto T., Iwashita Y., Matsunari H., Sugita T., Furuita H., Akimoto A., Okamatsu K., Suzuki N. 2010. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 309, 173-180.

Yu D.H., Gong S.Y., Yuan Y.C., Luo Z., Lin Y.C., Li Q. 2013. Effect of partial replacement of fish meal with soybean meal and feeding frequency on growth, feed utilization and body composition of juvenile Chines sucker, *Myxocyprinus asiaticus* (Bleeker). *Aquaculture Research* 44, 388-394.

Zhu H., Gong G., Wang J., Wu X.F., Xue M., Niu C.J., Guo L.Y., Yu Y. 2011. Replacement of fish meal with blend of rendered animal protein in diets for Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*), results in performance equal to fish meal fed fish. *Aquaculture Nutrition* 17, 1389-1395.

biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 14, 110-119.

Silva-Carrillo Y., Hernández C., Hardy R.W., González-Rodríguez B., Castillo-Vargasmachuca S. 2012. The effect of substituting fish meal with soybean meal on growth, feed efficiency, body composition and blood chemistry in juvenile spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*). *Aquaculture* 364, 180-185.

Soltan M.A., Hanafy M.A., Wafa M.I. 2008. Effect of replacing fish meal by a mixture of different plant protein sources in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Global Veterinaria* 2, 157-164.

Soto J.R., Mitchell H.L. 1960. The trypsin inhibitor of alfalfa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 8, 393-395.

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, 45-67.

Swick R.A., Akiyama D.M., Boonyaratpalin M., Creswell D.C. 1995. Use of soybean meal and synthetic methionine in shrimp feed. *ASA Tech Bulletin*, Vol. AQ43.

Tantikitti C., Sangpong W., Chiavareesajja S. 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 248, 41-50.

Tetens I. 2009. Opinion on the safety of Alfalfa protein concentrate as food: EFSA-Q-2008-031. European Food Safety Authority.

Tibaldi E., Hakim Y., Uni Z., Tulli F., Francesco M.D., Luzzana U., Harpaz S. 2006. Effects of the partial substitution of dietary fish meal by differently processed soybean meals on growth performance , nutrient digestibility and activity of intestinal brush border enzymes in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 261, 182-193.

Toko I.I., Flogbe E.D., Kestemont P. 2008. Growth, feed efficiency and body mineral composition of juvenile vundu catfish (*Heterobranchus longifilis*, Valenciennens 1840) in relation to various dietary levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture Nutrition* 14, 193-203.


www.SID.ir

Archive of SID

# Effect of fish meal replacement with Aqupro (processed soybean meal) on growth performance and body composition of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

**Khadijeh Taghva[1], Bahram Falahatkar[*1,2], Mir Masoud Sajjadi[1]**

[1]Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
[2]Department of Marine Science, the Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran.
*Corresponding author: falahatkar@guilan.ac.ir
Received: 2020/11/21 Accepted: 2021/3/15

**Abstract**
This study was conducted to evaluate the effect of fish meal replacement by Aqupro (processed soybean meal) on growth performance and body composition of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). One hundred and five juveniles Siberian sturgeon (initial body weight 171.79±1.07 g; mean±SE) were distributed in five treatments each with three replictions. The experimintal diets, including different levels of Aqupro (20, 40, 60 and 80 percent) replaced with fish meal. During the 90 days feeding period, the fish were fed with the experimental diets to apparent satiation four times daily (9:00, 13:00, 17:00, 21:00). At the end of rearing period, growth performance and fish body composition were measured. The results showed there were no significant differencs in growth performance including final weight, weight gain, feed conversion ratio, body weight increase, final length, condition factor, specific growth ratio, protein efficiency ratio, lipid efficiency ratio and survival rate with the control group ($P$>0.05). There were no significant differences in crude protein, crude fat, moisture and ash contents of the whole body among the groups ($P$>0.05). According to the results, due to the importance of fish meal and its high price, nutritional value of Aqupro and easy accessibility, best growth performance and no negative impact on mentioned parameters in AP60 and AP80 treatments, using of Aqupro up to 60% recommended in the Siberian sturgeon diet.

**Keywords:** Sturgeon, Fish meal, Nutrition, Vegetable protein, Proximate analysis.


www.SID.ir