

Optimization of Feeding Rates for Beluga Sturgeon (*Huso huso*) under Intensive Culture Conditions

Irani A.*¹ PhD, Agh N.¹ PhD

¹ Artemia & Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

Aims: Due to vital role of optimum feeding rate on success and profitability of an aquaculture practice, feeding rates were examined in different life stages of Beluga sturgeon.

Materials & Methods: Feeding rates were 5, 7, 9, 11, 13, and 15% in stage 1, 2, 4, 6, 8, 10, and 12% in stage 2, 1.5, 2, 2.5, 3, and 3.5% in stage 3 and 1.5, 1.75, 2, 2.25, and 2.5% in stage 4. Farming durations of stages 1 to 4 were 10, 10, 42, and 56 days, as well as initial mean weights were 1.85, 7, 112.04, and 300.54g, respectively.

Findings: Optimum feeding rates from growth and feeding parameters point of view were 9 and 5%, respectively, in stage 1. In stage 2 also optimum feeding rates were different from growth and feeding point of view, as they were 4 and 2%, respectively. For both aspects of growth and feeding parameters, optimum feeding rate was 2.5% of body weight in stage 3. In stage 4, the lowest food conversion rate was observed in the feeding rate of 1.5% and there were no significant differences among treatments from growth parameters point of view.

Conclusion: Growth and feeding parameters were affected with feeding rates in stages 1, 2, and 3. In stage 4, feeding rates influenced feeding parameters but had no significant effects on growth performance.

Keywords

Feeding Rate [Not in MeSH];
Growth Performance [Not in MeSH];
Sturgeon [Not in MeSH]

* Corresponding Author

Tel: +98 (44) 33467097

Fax: +98 (44) 33440295

Post Address: Artemia & Aquaculture Research Institute, Urmia University, Shahid Beheshti Street, Urmia, Iran.

Postal Code 5717944514

a.irani@urmia.ac.ir

Received: May 17, 2019

Accepted: June 8, 2019

ePublished: June 20, 2019

بهینه‌سازی نرخ‌های غذایی برای فیل‌ماهی (*Huso huso*) در شرایط پرورش متراکم

عبدالجبار ایرانی* PhD

پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

ناصر آق PhD

پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

اهداف: به دلیل نقش حیاتی نرخ غذایی بهینه در موفقیت و سودآوری پرورش یک گونه آبزی، نرخ‌های مختلف غذایی در مراحل مختلف زندگی فیل‌ماهی بررسی شد.

مواد و روش‌ها: نرخ‌های غذایی بررسی‌شده در مرحله اول شامل ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵٪، در مرحله دوم شامل ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲٪، در مرحله سوم، ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵٪ و در مرحله چهارم ۱/۵، ۲، ۱/۷۵، ۲/۲۵ و ۲/۵٪ بودند. طول دوره پرورش هر کدام از مراحل اول و دوم ۱۰ روز، مرحله سوم ۴۲ روز و مرحله چهارم ۵۶ روز بود. در مراحل اول تا چهارم میانگین وزن اولیه ماهیان به ترتیب ۰/۱۸۵، ۰/۱۲/۴ و ۳۰۰/۵۴ گرم بود.

یافته‌ها: در مرحله اول، نرخ غذایی مناسب از نظر شاخص‌های رشد ۹٪ و از نظر شاخص‌های تغذیه‌ای ۵٪ است. در مرحله دوم نیز نرخ غذایی بهینه از نظر رشد و تغذیه متفاوت بود، به‌طوری که از نظر رشد نرخ ۴٪ و از نظر تغذیه نرخ ۲٪ مناسب بود. در مرحله سوم، بهترین نرخ غذایی از لحاظ شاخص‌های رشد و تغذیه، ۲/۵٪ وزن بدن در روز بود. در مرحله چهارم، کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در نرخ غذایی ۱/۵٪ مشاهده شد و از نظر شاخص‌های رشد، بین هیچ کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: در مراحل اول، دوم و سوم شاخص‌های رشد و تغذیه به‌شدت تحت تاثیر نرخ‌های غذایی قرار گرفتند. در مرحله چهارم، نرخ‌های غذایی بر شاخص‌های تغذیه‌ای موثر بودند، ولی بر رشد تاثیر قابل توجهی نداشتند.

کلیدواژه‌ها: نرخ غذایی، رشد، ماهیان خاویاری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۸

*نویسنده مسئول: a.irani@urmia.ac.ir

مقدمه

رشد و توسعه پرورش ماهیان خاویاری در بسیاری از کشورها از حدود دو دهه گذشته آغاز شده است و در کشورهایی مثل فرانسه، ایتالیا، بلژیک، مجارستان، روسیه و ایالات متحده بسیاری از گونه‌های ماهیان خاویاری از جمله تاس‌ماهی سبیری، تاس‌ماهی روسی، شیپ، تاس‌ماهی سفید (*A. transmontanus*) و هیبرید فیل‌ماهی و استرلیاد (بستر) پرورش داده می‌شود^[1]. امروزه چین با تولید بیش از ۸۰ هزارتن در سال، حدود ۸۵٪ تولید جهانی ماهیان خاویاری را به خود اختصاص داده است^[2]. پرورش ماهیان خاویاری در ایران برای نخستین‌بار در سال ۱۳۶۹ با موفقیت در آب شیرین انجام شد^[3]. فیل‌ماهی به دلیل دارا بودن خصوصیات مناسبی از جمله بازارپسندی بالا، رشد سریع، تراکم‌پذیری بالا، مقاومت زیاد در برابر تغییرات شرایط محیطی، روش تغذیه همه‌چیزخواری و امکان تکثیر مصنوعی به‌عنوان یک گونه پرورشی ارزشمند به صنعت

آبزی‌پروری ایران معرفی شده است^[4]. به‌عنوان مثال، پرورش فیل‌ماهی‌های ۴۹/۲ گرمی در آب لب‌شور (۸ گرم در لیتر) و آب شیرین در شرایط یکسان نشان داد که پس از ۷۱ روز، در آب لب‌شور به وزن ۱۹۶/۸ گرم و در آب شیرین به وزن ۱۹۳/۱ گرم رسیده‌اند و ضریب تبدیل غذایی در آنها به‌ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۳۹ بوده است^[3]. در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه بیوتکنیک پرورش و تغذیه فیل‌ماهی انجام شده که هر کدام از آنها راهکارهایی را برای حل بخشی از مشکلات مربوط به این صنعت جوان ارائه داده است^[5-15].

تعیین نرخ غذایی بهینه برای موفقیت هر گونه فعالیت آبزی‌پروری نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند^[16]. این مساله در ماهیان خاویاری که برخلاف ماهیانی مثل قزل‌آلا خیلی آرام غذا می‌خورند، از اهمیت دوچندان برخوردار است. از آنجا که نرخ غذایی بهینه در گونه‌های مختلف ماهیان و در مراحل مختلف رشد آنها متفاوت است و به‌خاطر جوان بودن صنعت پرورش تجاری ماهیان خاویاری، در سال‌های اخیر محققان مختلف سعی کردند که نرخ‌های غذایی بهینه را برای گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری معرفی نمایند^[4].

باتوجه به این‌که صنعت پرورش تجاری ماهیان خاویاری در ایران نیز نو پا و کم سابق به‌حساب می‌آید، یکی از مهم‌ترین مسائل مربوط به بیوتکنیک پرورش این ماهیان همانند سایر آبزیان پرورشی، مقدار غذایی روزانه است. مدیریت غذایی به‌ویژه در سیستم‌های پرورش متراکم ارتباط تنگاتنگی با سودآوری یک واحد تولیدی دارد، زیرا افزایش مقدار غذایی از حد بهینه، با وجود مصرف‌شدن توسط ماهی، کارایی لازم برای افزایش رشد را نخواهد داشت. این مساله علاوه بر تحمیل هزینه اضافی، باعث افزایش تولید متابولیت‌های مضر مثل آمونیاک می‌شود که در سیستم‌های پرورش متراکم و فوق متراکم بسیار حایز اهمیت است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف تعیین و معرفی نرخ غذایی بهینه برای مراحل مختلف دوره رشدی فیل‌ماهی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

سیستم پرورش

بررسی نرخ‌های غذایی فیل‌ماهی در مطالعه حاضر در چهار مرحله انجام شد. در مرحله اول، بچه‌ماهیان فیل‌ماهی با میانگین وزنی ۱/۸۵ گرم (۲۱ روز بعد از شروع تغذیه فعال) مورد استفاده قرار گرفتند. بچه‌ماهیان به تعداد ۵۰ عدد در هر مخزن ۴۵ لیتری با حجم آبگیری ۲۵ لیتر (۳/۷ کیلوگرم در مترمکعب) در قالب ۶ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار توزیع شدند. در این مرحله شش نرخ غذایی ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳ و ۱۵٪ به‌مدت ۱۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم، بچه‌ماهیانی با میانگین وزنی ۷ گرم استفاده شد. تراکم ذخیره‌سازی در هر مخزن ۴۵ لیتری با حجم آبگیری ۲۵ لیتر، ۳۰ عدد (۸/۴ کیلوگرم در مترمکعب) بود. در این مرحله ماهیان با نرخ‌های غذایی ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲٪ به‌مدت ۱۰ روز پرورش داده شدند

نرخ غذایی ۱/۵، ۱/۷۵، ۲، ۲/۲۵ و ۲/۵٪ وزن بدن در قالب ۵ تیمار و سه تکرار برای هر تیمار به مدت ۵۶ روز پرورش داده شدند (جدول ۱). برای غذایی در مرحله سوم از GFT1 و در مرحله چهارم از GFT2 (فردانه؛ ایران) استفاده شد (جدول ۲). در هر دو مرحله غذایی به‌صورت چهار بار در روز (ساعات ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰) انجام شد.

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری

به‌منظور مشخص کردن مقدار رشد و تعدیل مقدار غذایی، در مراحل اول و دوم انتهای روز پنجم تعداد ۵ ماهی از هر مخزن و در مراحل سوم و چهارم هر دو هفته یک‌بار کل ماهیان هر مخزن توزین شدند و غذایی روزانه براساس میانگین وزنی به‌دست‌آمده، انجام شد. برای برآورد شاخص‌های رشد و تغذیه در پایان روز دهم مراحل اول و دوم، از هر مخزن به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ نمونه برداشت و طول، وزن تر و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. در پایان مراحل سوم و چهارم کل ماهیان هر مخزن زیست‌سنجی شدند. شاخص‌های مشروح زیر با استفاده از فرمول‌های ارائه‌شده به دست آمدند:

وزن خشک با قراردادن ماهیان در دمای °C ۶۰ آون به‌مدت ۲۴ ساعت به دست آمد. رشد ویژه با استفاده از فرمول $SGR = (\ln W_f - \ln W_i) \times 100 / t$ محاسبه شد. در این فرمول، SGR رشد ویژه، W_i لگاریتم میانگین وزن نهایی، W_f لگاریتم میانگین وزن اولیه و t طول مدت دوره پرورش بر حسب روز است. ضریب تبدیل غذایی با فرمول $FCR = F / (W_f - W_i)$ محاسبه شد. در این فرمول، FCR ضریب تبدیل غذایی، F مقدار غذای مصرف‌شده بر حسب گرم و $W_f - W_i$ اختلاف وزن نهایی و اولیه بر حسب گرم است. در محاسبه ضریب تبدیل غذایی، مقدار کل غذای داده‌شده به هر مخزن اعمال شد و مقدار غذای خورده‌نشده و هدررفته محاسبه نشده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای سازمان‌دهی داده‌ها از نرم‌افزار Excel 2016 و برای بررسی‌های آماری از SPSS 22 استفاده شد. نوع توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون بررسی شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ($p < 0.05$) و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار تست دانکن به کار رفت.

یافته‌ها

مرحله اول: از روز ۲۱-۳۰ بعد از شروع تغذیه فعال

در پایان ده روز پرورش بچه‌ماهیان با شش نرخ غذایی مختلف، تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۶ از لحاظ طول کل، وزن تر، وزن خشک و رشد ویژه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، ولی همه این تیمارها نسبت به تیمارهای ۱ و ۲ شاخص‌های رشد بیشتری نشان دادند ($p < 0.05$). بیشترین مقدار طول کل، وزن تر، وزن خشک و رشد ویژه (به ترتیب ۱۱۴/۸ میلی‌متر، ۶۵۳۴/۸ میلی‌گرم، ۹۵۰/۸ میلی‌گرم و ۱۲/۶٪ در روز) مربوط به بچه‌ماهیان تیمار ۵ و کمترین مقدار آنها (به ترتیب ۱۰۴/۴ میلی‌متر، ۵۰۸۶/۲ میلی‌گرم، ۶۶۲ میلی‌گرم و ۱۰/۱٪ در روز) مربوط به تیمار ۱ بود (جدول ۳).

(جدول ۱). در هر دو مرحله اول و دوم دبی آب ۲/۷ لیتر در دقیقه بود. برای تامین مقدار مطلوب اکسیژن در داخل هر مخزن سیستم هوادهی برقرار شد. به‌طوری که مقدار اکسیژن محلول طی مراحل اول و دوم به ترتیب بین ۷/۷-۸/۲ و ۷/۴-۷/۹ میلی‌گرم در لیتر بود. همچنین دامنه تغییرات دمای آب طی مراحل اول و دوم به‌ترتیب بین ۲۰/۳-۲۰/۶ و ۲۰/۵-۲۰/۹°C بود. دفعات غذایی در هر دو مرحله اشاره‌شده، ۶ بار در شبانه‌روز (ساعات ۸، ۱۱، ۱۴، ۱۷، ۲۰ و ۲۳) بود. در مرحله اول، غذای آغازی یک قزل‌آلا (SFT1) و در مرحله دوم، غذای آغازی سه قزل‌آلا (SFT3؛ فردانه؛ ایران) برای تغذیه ماهیان استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۱) نرخ‌های غذایی بررسی‌شده در مراحل مختلف دوره رشدی فیل‌ماهی (درصد وزن بدن در روز)

تیمار	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم
تیمار ۱	۵	۲	۱/۵	۱/۵
تیمار ۲	۷	۴	۲	۱/۷۵
تیمار ۳	۹	۶	۲/۵	۲
تیمار ۴	۱۱	۸	۳	۲/۲۵
تیمار ۵	۱۳	۱۰	۳/۵	۲/۵
تیمار ۶	۱۵	۱۲	-	-

جدول ۲) نوع و درصد ترکیب شیمیایی غذای استفاده‌شده برای تغذیه فیل‌ماهی در مراحل مختلف

ترکیب شیمیایی	مرحله اول (SFT1)	مرحله دوم (SFT3)	مرحله سوم (GFT1)	مرحله چهارم (GFT2)
پروتئین خام	۵۰-۴۶	۵۰-۴۶	۴۲-۳۸	۴۲-۳۸
چربی خام	۱۵-۱۱	۱۵-۱۱	۱۷-۱۳	۱۷-۱۳
فیبر خام	۱/۳-۰	۱/۳-۰	۴-۲	۴-۲
خاکستر	۱۳-۹	۱۳-۹	۱۱-۷	۱۱-۷
رطوبت	۱۱-۵	۱۱-۵	۱۱-۵	۱۱-۵

برای اجرای مرحله سوم، فیل‌ماهی‌های ۵ ماهه با میانگین وزن اولیه ۱۱۲/۰۴ گرم که در پژوهشکده آرتمیا و آبی‌پروری پرورش داده شده بودند مورد استفاده قرار گرفتند. ماهیان پس از توزین و یکسان‌سازی میانگین هر مخزن، در قالب ۵ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار، بین ۱۵ مخزن پلی‌اتیلن ۳۰۰ لیتری گرد با حجم آگیری ۲۵۰ لیتر تقسیم شدند. تراکم ذخیره‌سازی در نظر گرفته‌شده در این مرحله ۳۰ عدد در هر مخزن (۱۳/۴۵ کیلوگرم در مترمکعب) بود. درجه حرارت طی این مرحله بین ۲۰/۳-۲۰/۹°C، دبی آب در هر مخزن، ۵ لیتر در دقیقه و اکسیژن محلول در طول دوره پرورش بین ۷/۱ تا ۷/۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. در این شرایط، ماهیان با پنج نرخ غذایی ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳ و ۳/۵٪ در قالب ۵ تیمار و ۳ تکرار برای هر تیمار به مدت ۴۲ روز پرورش داده شدند. در مرحله چهارم میانگین وزن اولیه ماهیان ۳۰۰/۵۴ گرم بود. تراکم ذخیره‌سازی در هر مخزن ۳۰۰ لیتری با حجم آگیری ۲۵۰ لیتر ۲۰ عدد (۲۴/۰۴ کیلوگرم در مترمکعب)، دبی آب ۵ لیتر در دقیقه، اکسیژن محلول ۷/۵-۷ میلی‌گرم در لیتر و درجه حرارت ۱۹/۲-۲۰/۶°C بود. در این شرایط فیل‌ماهی‌ها با پنج

اختلاف آماری مشاهده نشد ($p > 0.05$). کمترین مقدار وزن نهایی (۲۲۷/۶ گرم) مربوط به تیمار ۱ و بیشترین مقدار آن (۳۱۸/۵ گرم) مربوط به تیمار ۵ بود (جدول ۵). مقادیر رشد ویژه تیمارهای مختلف بین ۱/۶۹ و ۲/۴۹٪ در روز بود که به ترتیب به ماهیان تیمار ۱ و تیمار ۵ تعلق داشت. تیمارهای ۳، ۴ و ۵ از نظر رشد ویژه اختلاف آماری با هم نداشتند، ولی هر سه تیمار اشاره شده نسبت به تیمارهای ۱ و ۲ اختلاف معنی داری نشان دادند ($p < 0.05$). مقادیر تولید نهایی در تیمارهای ۳، ۴ و ۵ (به ترتیب ۳۶/۴۲، ۳۷/۲۸ و ۳۸/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای ۱ و ۲ (به ترتیب ۲۷/۳۱ و ۳۲/۷۰ کیلوگرم بر مترمکعب) بود ($p < 0.05$).

مقادیر ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای مختلف با افزایش نرخ غذایی افزایش یافت. همچنین کمترین مقدار آن (۰/۸۱) مربوط به تیمار ۱ و بیشترین مقدار آن (۱/۲۶) مربوط به تیمار ۵ بود. تیمارهای ۱، ۲ و ۳ اختلاف آماری با هم نداشتند، ولی تیمارهای ۴ و ۵ با هم و با تیمارهای ذکر شده از نظر ضریب تبدیل غذایی به طور معنی داری اختلاف داشتند ($p < 0.05$).

مرحله چهارم

در انتهای ۵۶ روز پرورش در تیمارهای مختلف مرحله چهارم مطالعه، فیل ماهی‌ها به وزن ۵۷۵ تا ۵۸۴/۷ گرم رسیدند. بالاترین مقدار وزن نهایی مربوط به ماهیان تیمار ۴ بود (جدول ۶)، ولی بین هیچ کدام از تیمارها از نظر وزن نهایی اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$). مقادیر رشد ویژه تیمارهای مختلف در این مرحله اختلاف اندکی با هم داشتند (۱/۱۹-۱/۱۵٪ در روز) و بین آنها اختلاف آماری وجود نداشت ($p > 0.05$). تولید نهایی در واحد حجم در تیمارهای مختلف به ترتیب ۴۶، ۴۵/۹۶، ۴۶/۰۸، ۴۶/۷۸ و ۴۶/۰۴ کیلوگرم در مترمکعب بود و اختلاف معنی داری بین آنها وجود نداشت ($p > 0.05$).

با افزایش نرخ غذایی، ضریب تبدیل غذایی روند صعودی داشت و بین تمامی تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده شد، به طوری که مقدار آن در تیمار ۱ برابر ۱/۲۴ و در تیمار ۵ برابر ۲/۱ بوده است (جدول ۶). بنابراین برخلاف مراحل قبل که ضریب تبدیل غذایی در بیشتر تیمارها زیر ۱ بود، در این مرحله تمامی تیمارها ضریب تبدیل غذایی بالاتر از ۱ داشتند.

مقادیر ضریب تبدیل غذایی با افزایش نرخ غذایی روند صعودی نشان داد و فقط بین تیمارهای ۲ و ۳ اختلاف معنی داری وجود نداشت ($p > 0.05$). کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار ۱ (۰/۴۰) و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۶ (۱/۰۲) بود. به هر حال در همه تیمارها به غیر از تیمار ۶ مقادیر ضریب تبدیل غذایی کمتر از یک بود (جدول ۳).

مرحله دوم؛ از روز ۳۱-۴۱ بعد از شروع تغذیه فعال

در پایان این مرحله، بچه ماهیان تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۶ از لحاظ طول کل، وزن تر و وزن خشک اختلاف معنی داری با هم نداشتند، ولی تمامی تیمارهای مذکور نسبت به تیمارهای ۱ و ۲ به طور معنی داری از طول کل، وزن تر و وزن خشک بیشتری برخوردار بودند ($p < 0.05$). بیشترین مقدار طول کل و وزن خشک (به ترتیب ۱۶۱/۲ میلی متر و ۲۶۵۲/۷ میلی گرم) مربوط به بچه ماهیان تیمار ۴ و بیشترین مقدار وزن تر (۱۵۹۳۰/۷ میلی گرم) مربوط به بچه ماهیان تیمار ۶ بود. کمترین مقدار طول کل، وزن تر و وزن خشک (به ترتیب ۱۴۳/۳ میلی متر، ۱۰۳۳۱/۹ و ۱۴۸۰/۲ میلی گرم) مربوط به بچه ماهیان تیمار ۱ بود که نسبت به تمامی تیمارها اختلاف معنی داری نشان داد (جدول ۴).

کمترین مقدار رشد ویژه (۳/۹٪ در روز) مربوط به بچه ماهیان تیمار ۱ بود که به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها اختلاف داشت ($p < 0.05$). تیمار ۲ نیز نسبت به تیمارهای دیگر اختلاف معنی داری نشان داد، ولی بین تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۶ اختلاف معنی داری وجود نداشت. بیشترین مقدار رشد ویژه (۸/۲٪ در روز) مربوط به تیمارهای ۴، ۵ و ۶ بود. به غیر از تیمار ۶ در سایر تیمارها از نظر ضریب تبدیل غذایی، فقط بین تیمارهای ۱ و ۲ اختلاف معنی داری وجود نداشت، ولی سایر تیمارها با همدیگر و با تیمارهای فوق اختلاف معنی داری نشان دادند. کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار ۱ (۰/۴۶) و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار ۶ (۱/۱۷) بود. در این مرحله نیز مانند مرحله قبل، در تمامی تیمارها به غیر از تیمار ۶ مقادیر ضریب تبدیل غذایی کمتر از یک بود (جدول ۴).

مرحله سوم

در پایان مرحله سوم که ۴۲ روز طول کشید، میانگین وزن فیل ماهی‌های تیمارهای ۱ تا ۳ با افزایش نرخ غذایی اختلاف معنی داری نشان دادند ($p < 0.05$). ولی بین تیمارهای ۳ تا ۵

جدول ۳) مقادیر مربوط به شاخص‌های رشد و تغذیه بچه ماهیان فیل ماهی در مرحله اول (از روز بیست و یکم تا روز سیام بعد از شروع تغذیه فعال)

تیمار (درصد)	وزن اولیه (میلی گرم)	طول کل (میلی متر)	وزن تر (میلی گرم)	وزن خشک (میلی گرم)	رشد ویژه (درصد در روز)	FCR
تیمار ۵	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۰۴/۱±۴/۹ ^a	۵۰۸۶/۲۷۳±۲/۶ ^a	۵۱±۶۶۲/۱ ^a	۱۰/۰±۱/۵ ^a	۰/۰±۴۰/۰۳ ^a
تیمار ۷	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۰۸/۲±۷/۱ ^b	۵۵۷۶/۳۲۸±۱/۳ ^a	۷۷۲/۵۱±۴/۴ ^b	۰±۱۱/۶ ^b	۰/۰±۵۴/۰۵ ^b
تیمار ۹	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۱۴/۱±۲/۹ ^c	۶۳۷۰/۳۳۴±۵/۱ ^b	۹۱۶/۶۷±۶/۲ ^c	۱۲/۰±۳/۵ ^c	۰/۰±۵۸/۰۴ ^b
تیمار ۱۱	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۱۳/۱±۹/۶ ^c	۶۳۷۷/۳۳۰±۵/۴ ^b	۹۰۸/۵۸±۳/۴ ^c	۱۲/۰±۳/۵ ^c	۰/۰±۷۲/۰۵ ^c
تیمار ۱۳	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۱۴/۰±۸/۶ ^c	۶۵۳۴/۱۷۵±۸/۲ ^b	۹۵۰/۱۹±۸/۹ ^c	۱۲/۰±۶/۳ ^c	۰/۰±۸۳/۰۳ ^d
تیمار ۱۵	۱۸۵۲±۲۱۱	۱۱۳/۰±۸/۷ ^c	۶۴۱۵/۱۴۶±۶/۸ ^b	۸۹۷/۶۲±۸/۱ ^c	۱۲/۰±۴/۲ ^c	۱/۰±۲۰/۰۳ ^e

* داده‌ها به صورت میانگین آماری هستند و در هر ستون حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار ($p < 0.05$) است.

جدول ۴) مقادیر مربوط به شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان فیلماهی در مرحله دوم (از روز سی‌ویکم تا روز چهلیم بعد از شروع تغذیه فعال)

تیمار (درصد)	وزن اولیه (میلی‌گرم)	طول کل (میلی‌متر)	وزن تر (میلی‌گرم)	وزن خشک (میلی‌گرم)	رشد ویژه (درصد در روز)	FCR
تیمار ۲	۷/۰±۰/۶۵	۱۴۳/۱±۳/۹ ^a	۱۰۳۳۱/۳۲۸±۹/۳ ^a	۱۴۸۰/۴۷±۲ ^a	۳/۰±۹/۳ ^a	۰/۰±۴۶/۰۴ ^a
تیمار ۴	۷/۰±۰/۶۵	۱۵۴/۰±۴/۷ ^b	۱۳۴۳۲/۳۵۴±۵/۱ ^b	۲۰۹۷/۶۷±۶/۷ ^b	۶/۰±۵/۳ ^b	۰/۰±۵۲/۰۳ ^a
تیمار ۶	۷/۰±۰/۶۵	۱۶۰/۱±۱/۳ ^c	۱۵۷۵۰/۳۲۴±۸/۲ ^c	۲۶۱۷/۵۶±۸/۳ ^c	۸/۰±۱/۲ ^c	۰/۰±۶۰/۰۲ ^b
تیمار ۸	۷/۰±۰/۶۵	۱۶۱/۱±۲/۱ ^c	۱۵۸۹۶/۲۰۱±۳/۲ ^c	۲۶۵۲/۴۵±۷/۷ ^c	۸/۰±۲/۱ ^c	۰/۰±۸۱/۰۲ ^c
تیمار ۱۰	۷/۰±۰/۶۵	۱۶۱/۱±۲/۱ ^c	۱۵۹۲۵/۴۴۲±۳/۶ ^c	۲۶۲۱/۶۶±۴/۳ ^c	۸/۰±۲/۳ ^c	۰/۰±۹۸/۰۵ ^d
تیمار ۱۲	۷/۰±۰/۶۵	۱۶۰/۱±۷/۱ ^c	۱۵۹۳۰/۴۵۶±۷/۹ ^c	۲۶۱۳/۱۱۲±۳/۹ ^c	۸/۰±۲/۳ ^c	۱/۰±۱۷/۰۶ ^e

* داده‌ها به‌صورت میانگین آماری هستند و در هر ستون حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) است.

جدول ۵) مقادیر مربوط به شاخص‌های رشد و تغذیه فیلماهی‌های پرورش‌یافته با نرخ‌های غذایی مختلف در مرحله سوم

تیمار (درصد)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	رشد ویژه (درصد در روز)	FCR	تولید نهایی (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار ۱/۵%	۱۱۲/۰۴±۶/۸۲	۲۲۷/۱۰±۶/۵ ^{a*}	۱/۰±۶۹/۱۲ ^a	۰/۰±۸۱/۰۸ ^a	۲۷/۳۱±۱/۲۶ ^a
تیمار ۲%	۱۱۲/۰۴±۶/۸۲	۲۷۲/۸±۵ ^b	۲/۰±۱۱/۰۷ ^b	۰/۰±۸۴/۰۴ ^a	۳۲/۷۰±۰/۹۶ ^b
تیمار ۲/۵%	۱۱۲/۰۴±۶/۸۲	۳۰۳/۱±۶/۲ ^c	۲/۰±۳۷/۰۱ ^c	۰/۰±۹۱/۰۱ ^a	۳۶/۴۲±۰/۱۵ ^c
تیمار ۳%	۱۱۲/۰۴±۶/۸۲	۳۱۰/۱۹±۷/۵ ^c	۲/۰±۴۳/۱۵ ^c	۱/۰±۱۱/۱۱ ^b	۳۷/۲۸±۲/۳۴ ^c
تیمار ۳/۵%	۱۱۲/۰۴±۶/۸۲	۳۱۸/۵±۵/۷ ^c	۲/۰±۴۹/۰۵ ^c	۱/۰±۲۶/۰۴ ^c	۳۸/۲۲±۰/۶۸ ^c

* داده‌ها به‌صورت میانگین آماری هستند و در هر ستون حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) است.

جدول ۶) مقادیر مربوط به شاخص‌های رشد و تغذیه فیلماهی‌های پرورش‌یافته با نرخ‌های غذایی مختلف در مرحله چهارم

تیمار (درصد)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	رشد ویژه (درصد در روز)	FCR	تولید نهایی (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار ۱/۵%	۳۰۰/۵۴±۱۳/۱۲	۱۰۵۷۵/۹ ^{a*}	۱/۰±۱۶/۰۳ ^a	۱/۰±۲۴/۰۵ ^a	۴۶/۰۰±۰/۸۷
تیمار ۱/۷۵%	۳۰۰/۵۴±۱۳/۱۲	۵۷۴/۱۶±۵/۸ ^a	۱/۰±۱۶/۰۵ ^a	۱/۰±۴۸/۰۹ ^b	۴۵/۹۶±۱/۳۴
تیمار ۲%	۳۰۰/۵۴±۱۳/۱۲	۳±۵۷۶/۹ ^a	۱/۰±۱۵/۰۱ ^a	۱/۰±۶۸/۰۳ ^c	۴۶/۰۸±۰/۳۱
تیمار ۲/۲۵%	۳۰۰/۵۴±۱۳/۱۲	۵۸۴/۹±۷/۹ ^a	۱/۰±۱۹/۰۳ ^a	۱/۰±۸۳/۰۶ ^d	۴۶/۷۸±۰/۷۹
تیمار ۲/۵%	۳۰۰/۵۴±۱۳/۱۲	۵۷۵/۱۲±۵/۲ ^a	۱/۰±۱۶/۰۴ ^a	۲/۰±۱/۰۹ ^e	۴۶/۰۴±۰/۹۸

* داده‌ها به‌صورت میانگین آماری هستند و در هر ستون حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) است.

بحث

بررسی و آنالیز داده‌های مربوط به طول کل، وزن تر، وزن خشک و رشد ویژه در مرحله اول نشان داد که در دهه سوم بعد از شروع تغذیه فعال فیلماهی بهترین نرخ غذایی روزانه ۹٪ وزن بدن بوده است، به‌طوری که ماهیان این تیمار نرخ رشد ویژه ۱۲/۳٪ در روز داشته‌اند، اما از نظر شاخص‌های تغذیه‌ای، کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی (۰/۴) در تیمار ۵٪ وزن بدن در روز به دست آمد. بنابراین با بررسی و مقایسه سود حاصل از افزایش رشد ناشی از اعمال نرخ غذایی ۹٪ و کاهش هزینه ناشی از اعمال نرخ غذایی ۵٪ می‌توان بین ۵-۹٪، نرخ غذایی مناسب را اتخاذ کرد. از نظر رشد ویژه، مناسب‌ترین نرخ غذایی برای هفته چهارم بعد از شروع تغذیه فعال تاس‌ماهی سفید (*A. transmontanus*) با میانگین وزن ۳۶۶ میلی‌گرم، روزانه ۶٪ وزن بدن گزارش شده است [21]. در تاس‌ماهی سبز (*A. medirostris*) در هفته پنجم بعد از شروع تغذیه فعال با میانگین وزن ۱/۶۳ گرم، بهترین نرخ غذایی ۷/۱٪ در روز بوده است [22]. نرخ‌های غذایی بهینه ارایه‌شده برای سایر گونه‌های ماهیان خاویاری توسط محققان (مبتنی بر شاخص‌های رشد) نسبت به مطالعه حاضر کمتر بوده است. این امر احتمالاً

به‌دلیل بالا بودن نرخ رشد فیلماهی نسبت به گونه‌های ذکرشده بوده که در نتیجه آن، به مقدار غذای بیشتری در طول روز نیاز داشته است.

در مرحله دوم، بررسی و آنالیز داده‌های مربوط به شاخص‌های رشد (رشد ویژه ۸/۱٪ در روز) نشان داد که در دهه چهارم بعد از شروع تغذیه فعال، بهترین نرخ غذایی فیلماهی ۶٪ وزن بدن در روز بوده است، اما از نظر شاخص‌های تغذیه‌ای، کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲٪ (۰/۴۶) و تیمار ۴٪ (۰/۵۲) به دست آمد. با تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های رشد و تغذیه و با توجه به معنی‌دارنبودن مقادیر ضریب تبدیل غذایی بین تیمارهای ۱ و ۲ می‌توان نتیجه گرفت که مناسب‌ترین نرخ غذایی روزانه در این مرحله بین ۴-۶٪ وزن بدن بوده است. برای تاس‌ماهی سبز در هفته ششم و هشتم بعد از تغذیه فعال با میانگین وزن اولیه ۲/۶۳ و ۷/۴۹ گرم، نرخ غذایی بهینه به ترتیب ۵/۷ و ۵/۳٪ وزن بدن در روز گزارش شده است [22] که با نتایج مرحله دوم مطالعه حاضر تقریباً مشابه بوده است.

در مطالعه سوداگر و همکاران [23] زمان‌های غذایی فیلماهی‌های حدوداً ۲ گرمی به‌مدت ۳۵ روز بررسی و مناسب‌ترین زمان غذایی،

توجه به وزن اولیه و نهایی مقادیر رشد ویژه به ترتیب ۱/۹۵ و ۱/۹۳ گزارش شد^[3] که نسبت به مطالعه حاضر دارای رشد کمتر و ضریب تبدیل غذایی بیشتری بوده است.

در مطالعه‌ای که اخیراً توسط *خارکن قمصری* و همکاران^[14] روی فیل‌ماهی‌های ۲۵ گرمی طی ۷ هفته انجام شده، نشان داده است که برای دوره رشدی حدود ۲۵ تا ۱۵۰ گرمی، نرخ غذادهی ۳٪ وزن بدن مناسب‌تر است، هرچند نرخ‌های بیشتر از ۳٪ در این مطالعه بررسی نشده است. نرخ رشد ویژه (۲/۸٪ در روز) و ضریب تبدیل غذایی (۱/۱۵) گزارش شده توسط این محققان با داده‌های مرحله سوم مطالعه حاضر (وزن حدود ۱۱۲-۳۰۰ گرمی) قابل مقایسه است که این امر می‌تواند ناشی از اختلاف در شرایط و عوامل پرورشی و مدیریتی باشد.

در مطالعه دیگر، با بررسی سطوح مختلف پروتئین جیره بر شاخص‌های رشد فیل‌ماهی ۱۳۱ گرمی، ۳۵٪ سطح مناسب پروتئین جیره گزارش شده است^[11]. در این مطالعه ماهیان ۱۳۱ گرمی طی ۵۶ روز به وزن ۳۲۲ گرم رسیدند. نرخ رشد ویژه ۱/۶۴٪ در روز و ضریب تبدیل غذایی ۱/۰۵ بوده است. با وجود کم‌بودن تراکم ذخیره‌سازی در این مطالعه (حدود ۲/۴۷ کیلوگرم در مترمکعب) نسبت به مطالعه حاضر، رشد ضعیف به دست آمده در آن را می‌توان به کیفیت نامناسب غذای دست‌ساز به کاررفته و همچنین عدم استفاده از نرخ غذادهی بهینه مربوط دانست، زیرا در مطالعه حاضر، تجربه نشان داده است که روش تغذیه براساس اشتها برای ماهیان خاویاری که خیلی آرام غذا می‌خورند و عدم امکان تشخیص دقیق زمان سیری، روش مناسبی نیست.

در مطالعه‌ای^[15]، برای پرورش فیل‌ماهی‌های حدود ۱۱۰ گرمی تراکم‌های ذخیره‌سازی ۸/۸، ۱۱، ۱۳/۲، ۱۵/۴ و ۱۷/۶ کیلوگرم در مترمکعب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه در شرایط مشابه یعنی تراکم ذخیره‌سازی ۱۳/۲ کیلوگرم در مترمکعب و نرخ غذادهی ۲/۵٪ تا روز ۴۵ تقریباً مشابه مطالعه حاضر بود و ماهیان به وزن حدود ۳۱۷ گرم رسیدند.

در مرحله چهارم، از نظر شاخص‌های رشد بین هیچ کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی که از نظر ضریب تبدیل غذایی همه تیمارها تفاوت‌های قابل توجهی نشان دادند و کمترین مقدار آن (۱/۲۴) متعلق به تیمار ۱ (نرخ غذادهی ۱/۵٪) بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نرخ غذادهی بهینه در این مرحله، حداکثر ۱/۵٪ وزن بدن بوده است. از آنجا که در این مرحله تیمار کمتر از ۱/۵٪ وجود نداشت، این عدد می‌تواند تقریبی باشد. در مطالعات گذشته برای فیل‌ماهی‌های ۸۶۷ تا حدود ۱۹۰۰ گرمی که با چهار نرخ غذادهی بررسی شده بودند، بهترین نرخ ۲٪ وزن بدن در روز گزارش شد^[4]. با توجه به اینکه نرخ رشد ویژه به دست آمده در این مطالعه (حداکثر ۰/۹۳٪ در روز) در حد معمول ولی ضریب تبدیل غذایی (۱/۹۲) کمی بیشتر از حد انتظار است، علت بیشتر بودن نرخ غذادهی گزارش شده توسط محققان فوق (۲٪) در مقایسه با ۱/۵٪ مطالعه حاضر) با وجود بزرگ‌تر ماهیان را می‌توان به تیمارهای

طی روشنایی روز گزارش شده است. در این مطالعه که از نظر اندازه ماهیان با مجموع مراحل اول و دوم مطالعه حاضر تقریباً مطابقت دارد، بیشترین مقدار رشد ویژه ۵/۷۲٪ در روز و کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی ۱/۱۳ بوده است. همچنین این محققین بیشترین میزان بقا را حدود ۸۱٪ گزارش کرده‌اند. بنابراین در مطالعه حاضر، شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای ماهیان (با ۱۰۰٪ بازماندگی) به طور قابل توجهی بهتر از مطالعه اشاره شده بود که این تفاوت‌ها را می‌توان به پایین بودن نرخ غذادهی (روزانه ۵٪ وزن بدن برای کل دوره ۳۵ روزه) و عدم استفاده از سیستم پرورش جریان‌دار در مطالعه ذکر شده دانست.

در مرحله سوم، در سن پنج ماهگی با میانگین وزن اولیه ۱۱۲/۰۴ گرم، از نظر تمام شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای، بهترین نرخ غذادهی روزانه ۲/۵٪ وزن بدن بوده است. براساس رشد و ضریب تبدیل غذایی، بهترین نرخ غذادهی برای تاس‌ماهی سفید در مرحله ۱۰۰-۳۰۰ گرمی و در دمای ۲۰°C، ۲٪ وزن بدن در روز گزارش شده است^[17]. بنابراین با توجه به یکسانی درجه حرارت در مطالعه فوق و مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که نیاز غذایی فیل‌ماهی در این مرحله نیز نسبت به تاس‌ماهی سفید بیشتر است. در مطالعه دیگر، بررسی تاثیر نرخ غذادهی و درجه حرارت به صورت همزمان بر رشد بچه‌ماهیان ۳۰ گرمی تاس‌ماهی سفید^[19] نشان داد که در پایان ۸ هفته دوره پرورش، افزایش وزن بدن و بازده غذایی بچه‌ماهیان پرورش یافته در دمای ۲۳°C به طور معنی‌داری بیشتر از بچه‌ماهیان پرورش یافته در دمای ۲۶°C که از همان نرخ غذادهی استفاده کردند بوده است. این محققان نتیجه گرفتند که درجه حرارت بهینه برای پرورش بچه‌ماهی تاس‌ماهی سفید حدود ۲۳°C و در این دما بهترین نرخ غذادهی ۲-۲/۵٪ وزن بدن در روز بوده است. با توجه به مقایسه اندازه ماهیان، نرخ غذادهی بهینه فیل‌ماهی در مرحله سوم مطالعه حاضر بیشتر از تاس‌ماهی سفید بوده است.

در مرحله سوم، بعد از ۴۲ روز پرورش فیل‌ماهی‌های ۱۱۲/۰۴ گرمی با نرخ غذادهی بهینه (۲/۵٪ وزن بدن)، میانگین وزن نهایی ماهیان به ۳۰۳/۶ گرم و تولید نهایی به ۳۶/۴۳ کیلوگرم در مترمکعب رسید. مقادیر رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی این ماهیان به ترتیب ۲/۳۷٪ در روز و ۰/۹۱ بود. در صورتی که در مطالعات گذشته، پرورش فیل‌ماهی‌های ۹۵/۰۸ گرمی با تراکم ۳۰ عدد در هر مخزن فایبرگلاس (۲۳×۲۳×۰/۵۳ متر) با نرخ غذادهی ۲-۴٪ وزن بدن به مدت ۵۶ روز نشان داده است که میانگین وزن نهایی آنها به ۲۹۰/۲۸ گرم رسیده و رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی به ترتیب ۱/۹۹٪ و ۱/۷ بوده است^[24]. بنابراین با وجود کمتر بودن طول دوره پرورش و بیشتر بودن تراکم ذخیره‌سازی در مطالعه حاضر، میزان رشد بیشتر و میزان ضریب تبدیل غذایی کمتر از مطالعه مذکور بوده است. در مطالعه دیگر، پرورش فیل‌ماهی‌های ۴۹/۲ گرمی در آب لب‌شور (۸ گرم در لیتر) و آب شیرین نشان داده است که پس از ۷۱ روز پرورش در آب لب‌شور به وزن ۱۹۶/۸ گرم و در آب شیرین به ۱۹۳/۱ گرم رسیده است. ضریب تبدیل غذایی در آنها به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۳۹ بود. همچنین با

- 3- Pourali Fashtami HR, Mohseni M, Alizadeh M. Comparison of beluga (*Huso huso*) growth rate in brackish and fresh-water. *Iran Sci Fish J*. 2006;15(1):43-50. [Persian]
- 4- Mohseni M, Pourkazemi M, Bahmani M, Falahatkar B, Pourali HR, Salehpour M. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *J Appl Ichthyol*. 2006;22(Suppl. 1):278-83.
- 5- Agh N, Noori N, Irani A, Makhdum NM. First feeding strategy for hatchery produced sturgeon, *Huso huso* larvae. *Iran J Fish Sci*. 2012;11(4):713-23.
- 6- Agh N, Noori F, Irani A, Van Stappen G, Sorgeloos P. Fine tuning of feeding practices for hatchery produced Persian sturgeon, *Acipenser persicus* and beluga sturgeon, *Huso huso*. *Aquac Res*. 2013;44(3):335-44.
- 7- Nobahar Z, Gholipour Kanani H, Jafarian HO. Effect of garlic powder on hematological parameters and growth performance of *Huso huso*. *J Appl Ichthyol Res*. 2013;1(3):39-48. [Persian]
- 8- Taati R, Tatina M, Bahmani M, Soltani M. Effects of different levels of probiotic on growth performance and body composition of juvenile Beluga sturgeon (*Huso huso*). *J Oceanogr*. 2013;4(13):37-44. [Persian]
- 9- Allaf Noverian H, Khoshkholgh M, Sotolian F. The effect of sodium bentonite on growth, survival and biochemical composition of juvenile beluga (*Huso huso*). *J Mar Sci Technol*. 2014;12(4):100-11. [Persian]
- 10- Yazdani Sadati M, Jafari M, Khara H. Effects of feeding frequency on growth performance and body composition of farmed *Acipenser nudiventris*. *Ocnology*. 2016;7(25):87-94. [Persian]
- 11- Salahshoori E, Falahatkar B, Efatpanah I. The effect of dietary protein levels on growth performance and hematological parameters of juveniles Beluga sturgeon (*Huso huso*). *J Aquac Dev*. 2017;11(1):51-62. [Persian]
- 12- Bigtan E, Vahabzade Rudhari H, Sarpanah AN, Moradinasab AA. Effects of dietary raw *Clupeonella* spp. on growth performance of Beluga sturgeon (*Huso huso*). *J Anim Environ*. 2018;10(1):223-30. [Persian]
- 13- Rezaei M, Jafarian H, Raeissi H, Aghilinejad SM. The effect of different levels of Celmanax dietary supplement on growth, nutrition and biochemical indices of blood plasma in beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758) cultured in brackish water and pen culture. *Aquac Feed*. 2018;4(2):39-52. [Persian]
- 14- Ahmadi Z, Akrami R, Kharkan Ghamsari M. Effect of stocking density and feeding rate on growth, hematological parameters and water quality in rearing of juvenile Bluga (*Huso huso*). *J Appl Ichthyol Res*. 2019;6(3):115-28. [Persian]
- 15- Irani A, Agh N. Optimization of stocking density for Beluga (*Huso huso*) and Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) culture. *J Fish Sci Technol*. 2019;8(1):15-22.
- 16- Brett JR. Environmental factors and growth. In: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR, editors. *Fish physiology. bioenergetics and growth*, vol. VIII. New York: Academic Press; 1979. pp. 599-675.
- 17- Hung SS, Lutes PB. Optimum feeding rate of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*): at 20°C. *Aquaculture*. 1987;65(3-4):307-17.
- 18- Hung SS, Lutes PB, Conte FS, Storebakken T. Growth

به‌کاررفته نسبت داد، زیرا در مطالعه فوق تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴% استفاده شده است و اگر فاصله تیمارها ریزتر بود نتایج دقیق‌تری به دست می‌آمد.

مطالعه انجام‌شده روی تاس‌ماهی سفید ۲۵۰ گرمی با چهار نرخ غذایی ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲% وزن بدن به مدت چهار دوره دو هفته‌ای نشان داده که در اندازه ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرمی نرخ غذایی بهینه این ماهی ۲ و ۱/۵% وزن بدن بوده است^[18]. با توجه به اختلاف اندازه ماهیان در مطالعه مذکور و مطالعه حاضر (۳۰۰ تا حدود ۵۷۵ گرم) می‌توان نرخ غذایی بهینه فیل‌ماهی در این مرحله را تقریباً مشابه تاس‌ماهی سفید در نظر گرفت. در مطالعه دیگر، ۵۶ روز پرورش تاس‌ماهی سفید ۷۶۷ گرمی تحت شرایط چهار نرخ غذایی ۰/۵، ۰/۹، ۱/۳ و ۱/۷% وزن بدن نشان داده است که درصد افزایش وزن تحت تاثیر نرخ‌های غذایی قرار گرفته است، ولی برخلاف مطالعه حاضر این عامل بر ضریب تبدیل غذایی تأثیری نداشته است^[20]. محققان فوق نرخ غذایی بهینه برای اندازه ۷۶۷ گرمی تاس‌ماهی سفید را حدود ۱/۳% وزن بدن در روز گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نرخ غذایی بهینه در گونه‌های مختلف ماهیان و در مراحل مختلف زندگی یک گونه متفاوت است. تعیین دقیق مقدار غذایی روزانه مخصوصاً در ماهیان خاویاری که به‌آرامی غذا می‌خورند اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه نرخ‌های غذایی بهینه در مراحل مختلف زندگی فیل‌ماهی به‌دست آمد، به‌طوری که برای بچه‌ماهیان ۶- ۱/۸ گرمی، ۱۵-۷ گرمی، ۳۰۰-۱۰۰ گرمی و ۶۰۰-۳۰۰ گرمی به ترتیب حدود ۹، ۶، ۲/۵ و ۱/۵% وزن بدن در روز بوده است. مقدار غذایی کمتر از نرخ بهینه باعث کاهش رشد می‌شود و غذایی بیشتر از آن نرخ نه تنها تأثیر مثبتی بر رشد نخواهد گذاشت، بلکه باعث افزایش هزینه، کاهش سودآوری و افزایش آلودگی محیط خواهد شد.

تشکر و قدردانی: از همکاری کارشناسان پژوهشکده آرتمیا و آبرزی پروری دانشگاه ارومیه به‌ویژه آقایان شاه‌نور عشقی و سعید حاجی‌نژاد سپاس‌گزاری می‌شود.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.

سهم نویسندگان: عبدالجبار ایرانی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/روش‌شناس (۶۰%)، ناصر آق (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۴۰%)

منابع مالی: این مطالعه با حمایت مالی پژوهشکده آرتمیا و آبرزی پروری دانشگاه ارومیه انجام شده است.

منابع

- 1- Memiş D, Ercan E, Çelikkale MS, Timur M, Zarkua Z. Growth and survival rate of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) larvae from fertilized eggs to artificial feeding. *Turk J Fish Aquat Sci*. 2009;9(1):47-52.
- 2- FAO. FishStatJ-Software for fishery and aquaculture statistical time series. Version 4.00.8 [Software]. 2020 Feb

Aquaculture. 2003;217(1-4):589-98.

22- Zheng KK, Deng DF, De Riu N, Moniello G, Hung SS. The effect of feeding rate on the growth performance of green sturgeon (*Acipenser medirostris*) fry. *Aquac Nutr*. 2015;21(4):489-95.

23- Sudagar M, Hajibaglo A, Jalali MA, Kolangi Miandare H. Effects of feeding time on growth, survival, and food conversion ratio of *Huso huso* fingerlings. *J Appl Aquac*. 2012;24(1):81-7.

24- Taati R, Soltani M, Bahmani M, Zamini AA. Growth performance, carcass composition, and immunophysiological indices in juvenile great sturgeon (*Huso huso*) fed on commercial probiotic, Immunoster. *Iran J Fish Sci*. 2011;10(2):324-35. [Persian]

and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub-yearlings at different feeding rates. *Aquaculture*. 1989;80(1-2):147-53.

19- Hung SS, Lutes PB, Shqueir AA, Conte FS. Effect of feeding rate and water temperature on growth of juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*. 1993;115(3-4):297-303.

20- Hung SS, Conte FS, Lutes PB. Optimum feeding rate of white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, yearlings under commercial production conditions. *J Appl Aquac*. 1995;5(1):45-51.

21- Deng DF, Koshio Sh, Yokoyama S, Bai SC, Shao Q, Cui Y, et al. Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) larvae.