Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 1, 2026, Pages: 104-122
DOI: 10.71901/jad-2026-1-880

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

The effects of Hydrolyzed Fish Protein (FPH) on growth pattern, length -weight relationship, condition factor and carcass analysis in giant sturgeon (*Huso huso*)

Rezvan Mousavi Nadushan[1*], Somayeh Mohammad Ali-Khani[2]

1- Department of marine and fisheries sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, North Tehran College, Islamic Azad University Tehran, Iran
2-Department of marine and fisheries sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran

Received: 12 January 2025 **Accepted: 17 March 2025**

Extended Abstract:

Introduction: Protein is among the most essential and effective nutritional resources for the growth of farmed aquatic species. However, protein sources are limited because they are predominantly produced from marine pelagic fishes, and excessive use of fish meal not only can lead to negative environmental consequences but also, due to unstable supply, has been economically less efficient and has driven price increases over recent decades. Therefore, research on the use of alternative protein sources with higher availability, digestibility, and efficiency to replace fish meal and in line with the sustainable development of aquaculture is essential. Then again, in aquaculture research, growth models based on mathematical equations are widely used to describe growth patterns and to estimate fish weight at sampling intervals. Accurate estimates of live mass and, consequently, the amount and nutritional quality of feed required are critical for effective aquaculture management. Furthermore, understanding the relationships between body weight and its composition informs trait selection and guides efforts toward selective breeding and genetic improvement in aquaculture. An accurate length–weight equation enables the conversion of growth in length to weight in stock assessment and biomass evaluation models, and it makes it possible to estimate live biomass from length-frequency distributions, condition, and morphometric characteristics of fish populations. Therefore, the length–weight relationship is an important and efficient tool in aquaculture management.

Materials and Methods: In this study, the effect of feeding and fish hydrolyzed protein (FPH) supplementation on the length-weight relationship, growth pattern, and condition factor in giant sturgeon (*Huso huso*) was investigated. A total of 300 fish with an average weight of 45 ± 5 grams were released into 9 circular ponds with a diameter of 2 meters. During the 40-day experiment, the fish were fed three iso-protein diets, including a control diet (without supplementation), a diet containing 5% FPH, and a diet containing 10% FPH. During the experimental period, every 10 days, fish samples were selected to measure length and weight. At the end of the experiment, from each replication, three fish were randomly chosen, and whole-body composition was determined by measuring protein, fat, moisture, and ash contents. To determine and compute the length–weight relationship for the experimental treatment populations, total length and weight were first log-transformed (log10), and the linear regression analysis of log10(W) on log10(TL) was performed. The resulting length–weight regression equation for each group of fish in the

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

experimental treatments was then fitted, and regression slope and intercept were used to obtain length-weight relationships and mean condition factor values (Engebretsen *et al*., 2024).

Results and Discussion: The weight of fish in the 5% FPH treatment (average weight 351.66 ± 30.34 grams) and the 10% FPH treatment (316.13 ± 30.99 grams) showed an increasing trend compared to the control treatment (304.53 ± 30.83 grams). The length-weight relationship based on the equation W = aL^b showed for the control fish W = 0.05L^2.46, for the fish in the 5% FPH feeding treatment W = 0.05L^2.89, and for the fish in the 10% FPH feeding treatment W = 0.05L^2.50. Substantively, the average condition factor for the control fish was 0.40 ± 0.06; for fish fed with 5% FPH supplementation, it was 0.59 ± 0.02; and for fish fed with 10% FPH supplementation, it was 0.48 ± 0.03. The results of this study indicated that growth in beluga sturgeon was negatively allometric, with the growth rate in length being significantly higher than that in weight. Additionally, FPH protein supplementation influenced the growth coefficient (b), with the highest weights for specific lengths obtained in the 5% supplementation treatment. Finally, the results of the one-way ANOVA test showed that the difference in the average condition factor among the groups of fish in the experimental treatments was significant (p<0.01). Researchers attribute improvements in fish performance to factors such as enhanced protein digestibility arising from the degree of hydrolysis of the feed or the impact of absorbing free amino acids released during hydrolysis. Currently, and globally, most studies in aquaculture have focused on free amino acids, including analyses and the use of the condition factor as a metric of growth and an indicator of nutritional status. However, the present study provides only baseline data on the condition factor for the obesity of the sturgeon species.

Conclusion: The hydrolyzed protein is a source of proteins, amino acids, and bioactive peptides, and its use as a supplement will have significant and promising effects in nutrition and aquaculture. The present study also showed that there is a high potential for using diets based on partial replacement of hydrolyzed protein in the nutrition of beluga larvae. Also, the amount of hydrolyzed protein replacement can be a key factor in formulating sustainable and effective diets for the early life stages of giant sturgeon. Finally, by replacing 5% of hydrolyzed protein in the diet, significant and positive effects were achieved on carcass quality, condition factor, and morphometric components of *Huso huso* larvae.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Acknowledgment: I would like to express my sincere thanks to all those who helped us complete this project successfully.

Keywords: Fish protein hydrolysate, Condition Factor, Length-weight relationship, *Huso huso*

* *Corresponding Author: r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره اول، بهار ۱۴۰۵، صفحه های ۱۲۲-۱۰۴
DOI: 10.71901/jad-2026-1-880

"مقاله پژوهشی"

اثرات مکمل پروتئین هیدرولیز شده ماهی بر الگوی رشد، رابطه طول- وزن، شاخص وضعیت و آنالیز لاشه در فیل‌ماهی (*Huso huso*)

رضوان موسوی ندوشن [*]، سمیه محمدعلیخانی [۲]

۱-گروه علوم دریایی و شیلاتی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲-گروه علوم دریایی و شیلاتی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

چکیده

در این تحقیق تاثیر مکمل غذایی پروتئین هیدرولیز شده ماهی بر رابطه طول و وزن، الگوی رشد، شاخص وضعیت و آنالیز لاشه در فیل‌ماهی (*Huso huso*) مورد مطالعه قرارگرفت. ۲۹۷ قطعه فیل‌ماهی با میانگین وزن ۵±۴۵ گرم در ۹ حوضچه سیمانی دایره‌ای شکل با قطر ۲ متر رهاسازی شدند. در مدت ۴۰ روز آزمایش، ماهیان با ۳ جیره غذایی ایزوپروتئوس شامل جیره شاهد (غذای بدون مکمل)، غذای حاوی ۵ درصد مکمل پروتئین هیدرولیز شده ماهی و غذای حاوی ۱۰ درصد مکمل پروتئین هیدرولیز شده ماهی غذادهی شدند. وزن ماهیان در تیمار تغذیه‌ای ۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده ماهی (میانگین وزن ۳۵۱/۶۶±۳۰/۳۴ گرم) و تیمار تغذیه‌ای۱۰ درصد پروتئین هیدرولیز شده ماهی (۳۱۶/۱۳±۳۰/۹۹ گرم) نسبت به تیمار شاهد (۳۰۴/۵۳±۳۰/۸۳ گرم) یک روند افزایشی را نشان داد ($p<0.01$). رابطه طول و وزن بر اساس معادله $W = aL^b$، برای ماهیان شاهد $W = 0/05L^{2.46}$، برای ماهیان تیمار تغذیه‌ای ۵ درصد، $W = 0/05L^{2.89}$ و برای ماهیان تیمار تغذیه‌ای ۱۰ درصد، $W = 0/05L^{2.50}$ به دست آمد. سپس براساس رابطه $c = 100wL^b$، شاخص وضعیت برای ماهیان تیمارهای آزمایشی محاسبه گردید. میانگین شاخص وضعیت برای ماهیان شاهد ۰/۰۶ ± ۰/۴، برای ماهیان تغذیه شده با ۵٪ مکمل ۰/۰۲± ۰/۵۹ و برای ماهیان تغذیه شده با ۱۰٪ مکمل ۰/۰۳±۰/۴۸ به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که رشد در فیل‌ماهی در مرحله بچه‌ماهی آلومتریک منفی بوده و نرخ رشد طول به مراتب بیشتر از وزن است. مکمل پروتئینی بر ضریب رشد (b) تأثیرگذار بوده است. برای طول‌های مشخص بالاترین وزن و ضریب وضعیت در تیمار تغذیه‌ای ۵٪ مکمل به دست آمد. به‌طورکلی، جیره غذایی حاوی ۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده ماهی منجر به کاهش رطوبت، چربی، خاکستر و بالعکس منجر به افزایش معنی‌دار درصد پروتئین لاشه، شاخص وضعیت و مولفه ضریب رشد (b) در رابطه طول – وزن گردید. لذا می تواند به‌عنوان یک مکمل غذایی مؤثر بر کیفیت فیله، الگوی رشد و مورفومتری بچه ماهی فیل‌ماهی مورد استفاده قرارگیرد.

کلمات کلیدی: پروتئین هیدرولیز شده ماهی، شاخص وضعیت، رابطه طول- وزن، فیل‌ماهی

[*] عهده‌دار مکاتبات: r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

مقدمه

یکی از ضروری‌ترین و مؤثرترین منابع غذایی برای رشد گونه‌های آبزیان پرورشی پروتئین است. با این حال منابع پروتئینی محدود است زیرا عمدتـا از ماهیان پلاژیک دریایی تولید می‌شود و استفاده بیش از حد پودرماهی نه تنها می‌تواند منجر به پیامدهای منفی زیست محیطی شود بلکه به دلیل عرضه ناپایدار، از نظر اقتصادی کارایی کمتری داشته و باعث افزایش قیمت در دهه‌های گذشته شده‌است (FAO, 2020). بنابراین تحقیقات در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین با قابلیت دستیابی، جذب و کارآیی بالاتر به منظور جایگزینی پودرماهی و در راستای توسعه پایدار آبزی پروری امری ضروری است (Hua *et al*., 2019). جایگزین کردن منابع پروتئین بر پایه گیاهی به جای پودرماهی هنوز با چالش‌هایی مانند عوامل ضد تغذیه‌ای در گیاهان، پروفایل نامتعادل اسیدهای آمینه و فقدان برخی اسیدهای آمینه ضروری مواجه است (Siddik *et al*., 2021). در نتیجه محصولات ثانویه مشتق شده از صنعت فرآوری ماهی به شکل پروتئین هیدرولیز شده ماهی، می‌تواند جایگزین پودر ماهی شود (Da Silva *et al*., 2017; Mousavi Nadushan *et al*., 2024)، زیرا پروتئین هیدرولیز شده از منابع مختلف ماهیان، منبع حیاتی پروتئین، اسیدهای آمینه و پپتیدهای زیست فعال هستند (Chalamaiah *et al*., 2012). فرآیند هیدرولیز از طریق تجزیه پروتئین به پپتید اسیدهای آمینه، یک محصول با عملکرد بهتر، ارزش غذایی بالا و با قابلیت هضم بهترتولید می‌کند. بنابراین ماهی پروتئین را به عنوان یک ماده غذایی با ارزش، زیست فعال، با قابلیت دسترسی و پتانسیل جذب بالا دریافت می‌نماید (Da Silva *et al*., 2017). پروتئین هیدرولیز شده باعث افزایش ارزش تغذیه‌ای به دلیل بالا رفتن قابلیت هضم پروتئین‌ها شده و همچنین اثر حساسیت‌زایی برخی از پروتئین‌ها را نیز از بین می‌برد (Aspevik, 2016). افزایش پروتئین هیدرولیز شده ماهی به صورت خشک می‌تواند مواد معدنی مهم جیره نظیر منیزیم، کلسیم و فسفر را تأمین کند (Yathisha *et al*., 2018; Mousavi Nadushan and Hellat, 2019). تحقیقات نشان داده است استفاده از پروتئین هیدرولیز شده ماهی در جیره‌های مصنوعی، منجر به عملکرد بهتر سیستم گوارشی لاروها (Kotzamanis *et al*., 2007) و رشد در گونه‌های ماهی از جمله آزادماهیان (Berg and Storebakken, 1996)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Refstie *et al*., 2004)، لارو کپور معمولی (Carvalho *et al*., 1997) و ماهیان انگشت قد Pabda (*Ompok pabda*) گردیده‌است (Suma *et al*., 2023).

رابطه طول-وزن (LWR)[۲] یک پارامتر بسیار مهم در امر مدیریت منابع شیلاتی و فعالیت های آبزی‌پروری بشمار می رود که می‌تواند در درک عوامل مختلف مؤثر بر یک جمعیت معین مفید باشد. رابطه طول-وزن برای شناخت شاخص‌های فیزیولوژیک، زیست محیطی و مهمتر از همه تاریخچه زندگی جمعیت ماهی مهم است (Aera *et al*., 2014). از طریق تجزیه و تحلیل رابطه طول-وزن می‌توان وضعیت عمومی جمعیت ماهی، الگوی رشد، سن، میزان رشد و شاخص وضعیت را به دست آورد (Abbasi *et al*., 2019).

ضریب یا شاخص وضعیت فولتون (K) نیز یک شاخص مفید برای ارزیابی میزان تغذیه، سن و نرخ رشد

[۲] Length-Weight Relationship

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

ماهی (Engebretsen *et al*, 2024) و مقایسه کیفیت ماهیان از نظر وضعیت توزیع توده بدنی بشمار می رود. ماهیانی که شاخص وضعیت کمتری داشته، وزن کمتری نسبت به طول دارند و ماهیانی که شاخص وضعیت بیشتری دارند نسبت به طول دارای وزن بیشتری هستند. در نتیجه وضعیت فیزیولوژیکی بهتری دارند (Ragheb, 2023). در دوره پرورش شاخص وضعیت نشان دهنده وضعیت غذایی ماهیان و آبزیان پرورشی است و به شدت تحت تأثیر شرایط غیرزیستی و زیست محیطی قرار می‌گیرد. در نتیجه می‌تواند به عنوان یک شاخص برای ارزیابی وضعیت اکوسیستم آبی و زیستگاه ماهی مورد استفاده قرارگیرد. در واقع پایین بودن شاخص وضعیت می‌تواند نشان دهنده نامناسب بودن شرایط محیطی یا زیستی باشد. همچنین شناخت برخی جنبه‌های کمی مانند رابطه طول-وزن و شاخص وضعیت، ابزار مهمی برای مطالعه بیولوژی ماهیان در امر شیلات و آبزی پروری است (Das *et al*., 2021).

امروزه در تحقیقات آبزی‌پروری از مدل‌های ریاضی رشد ماهی، به عنوان روش‌های عینی و عملی برای توصیف الگوهای داده‌های رشد و تخمین وزن ماهی در زمان‌های میان فواصل نمونه‌برداری استفاده می‌شود. تخمین‌های دقیق از توده زنده و در نتیجه، مقدار و کیفیت غذایی که باید تأمین شود، برای مدیریت آبزی‌پروری امری حیاتی است. علاوه بر این، آگاهی از روابط بین وزن بدن و ترکیب آن، در انتخاب صفات و جهت دهی به تلاش در راستای اصلاح و بهبود ژنتیک در امر آبزی‌پروری مورد استفاده قرارگیرد. یک معادله دقیق رابطه طول-وزن، امکان تبدیل رشد در طول ویا طول به وزن را در مدل‌های ارزیابی ذخایر و ارزیابی توده زنده فراهم می‌آورد و همچنین تخمین توده زنده را از طریق توزیع فراوانی طول، وضعیت و ویژگی‌های ریخت‌شناسی جمعیت‌های ماهی امکان‌پذیر می‌سازد؛ بنابراین، معادله رابطه طول-وزن، ابزاری مهم و کار آمد در مدیریت آبزی‌پروری بشمار می‌رود (Kari *et al*, 2021). رشد، که به‌عنوان تغییری در بزرگی تعریف می‌شود، می‌تواند از دو جنبه کمی و کیفی، شامل اندازه و ترکیب بافت مورد بررسی قرارگیرد. این شاخص یکی از مهم‌ترین پارامترهای شاخص در آبزی‌پروری بشمار می‌رود. اخیراً کارایی و استفاده از آنالیزترکیب بدن ماهیان در مطالعات حوزه تغذیه، ژنتیک و سلامت توجهات زیادی را به خود جلب کرده است (Tobin *et al*., 2006). با توجه به افزایش علاقه به کیفیت و ایمنی محصولات ماهی (Dumas *et al*., 2010)، ترکیب بدن یک جنبه مهم از کیفیت تغذیه‌ای (Kamal *et al*., 2007; Breck, 2014) بشمار می رود و بر ارزش تغذیه‌ای و کیفیت ماهی پرورش یافته تأثیر می‌گذارد (Azam *et al*., 2004). با توجه به اهمیت رابطه طول-وزن و ترکیب بدن، و همچنین اهمیت اقتصادی بالای فیل‌ماهی (*Huso huso*) برای آبزی‌پروری ایران و جهان، اطلاعات محدودی در مورد این عوامل در جمعیت‌های پرورش یافته تحت تاثیر رژیم های غذایی در دسترس است. از آنجا که ماهیان خاویاری به خصوص فیل‌ماهی از جمله منابع زیستی ارزشمند ملی، منطقه ای و بین المللی هستند، از نظر اکولوژیک، بیولوژیک و اقتصادی حائز اهمیت هستند و از سوی دیگر اطلاعات در مورد تغذیه ماهیان خاویاری محدود است، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثرات جیره های حاوی مکمل پروتئین هیدرولیز شده بر عملکرد شاخص وضعیت ، تعیین رابطه طول-وزن و توسعه معادلات پیش‌بینی وضعیت بدن برای فیل‌ماهی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

پرورش یافته در مرحله رشد بچه ماهی با استفاده از تحلیل مدل رگرسیونی مد نظر قرار داده شد.

مواد و روش‌ها

شرایط پرورش فیل‌ماهی

این تحقیق در منطقه‌ای واقع در استان قزوین، شهرستان بوئین زهرا، در مزرعه خصوصی با منبع آب چاه به مدت ۳۲ روز (پس از گذراندن ۸ روز دوره آداپتاسیون و تغدیه با جیره پایه) انجام شد. تعداد ۲۹۷ قطعه بچه فیل‌ماهی با وزن اولیه ۵±۴۵ گرم در ۹ حوضچه سیمانی دایره‌ای شکل با مساحت ۳ مترمربع به تعداد ۳۳ عدد در هر حوضچه رهاسازی گردید. جریان آب ورودی به حوضچه ها به میزان ۱۴۰۰ لیتر در ساعت بود. پس از بررسی شاخص‌های کیفی و کنترل برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب مورد استفاده قرارگرفت (جدول ۱). در طول دوره آزمایش اکسیژن محلول ۰/۵±۷/۵ میلی‌گرم در لیتر و دمای آب در تمام دوره تقریبا ثابت و ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۱: شاخص‌های کیفی آب طی دوره تحقیق

Table 1: Qualitative parameter of the water during the study period

Water quality parameters	Analysis Results
EC(µs/cm)	2333
TDS (mg/L)	1516
pH	7.4
Bicarbonate (mg/L)	3.2
Cl (mg/L)	11.6
Sulphate (mg/L)	11.8
Total Anions (meq)	26.6
Ca (mg/L)	7.2
Mg (mg/L)	3.6
Na (mg/L)	14.4
Total Cations (meq)	25.2

شرایط آماده سازی جیره

به منظور تهیه پروتئین هیدرولیز شده، ابتدا ماهیان کیلکا چرخ و همگن شدند. به مخلوط همگن شده آب مقطر به نسبت ۲ به ۱ (وزنی به وزنی) اضافه گردید. سپس، pH در محدوده ۲ تنظیم و آنزیم پپسین اضافه گردید (C 250 units/mg solid, Sigma-Aldrich, USA). نمونه ها به مدت ۳ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. مقدار پپسین مورد استفاده ۵ گرم در صد گرم کیلکا در نظر گرفته شد. در پایان فرآیند هیدرولیز، به منظور غیرفعال نمودن فعالیت پپسین، نمونه‌ها در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرارگرفتند. سپس جهت جداسازی قطعات باقیمانده از عصاره هیدرولیز شده، نمونه‌ها در دور ۵۰۰۰ و به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. در نهایت عصاره‌ها در اتکوباتور و دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (Tejpal *et al*., 2021). پس از پایان آزمایش، میران پروتئین عصاره با روش بیورت اندازه گیری و میزان آن ۶۴٪ برآورد گردید. در نهایت جهت انجام تحقیق سه جیره غذایی شامل جیره شاهد (فرمولاسیون غذای شرکت چینه)، و جیره‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد مکمل پروتئین هیدرولیز شده، با جایگزینی آرد ماهی به میران صفر، ۵ و ۱۰ درصد با مکمل آماده شدند. جیره‌ها به صورت هفتگی تهیه و در یخچال نگهداری می‌گردید. میزان غذا در طول دوره تحقیق، ۷ درصد از وزن بدن ماهیان محاسبه گردید و غذادهی به صورت روزانه و در ۵ نوبت انجام شد.

زیست سنجی

طی دوره آزمایش و هر ۱۰ روز یک بار نمونه‌های ماهیان برای اندازه‌گیری طول و وزن انتخاب و به منظور

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

کاهش استرس به مدت ۲۴ ساعت بعد از قطع غذا دهی با پودر گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش می‌شدند (Avazeh *et al*., 2023). پس از بیهوشی بچه ماهیان به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و اندازه‌گیری طول آنها با تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر انجام شد.

بررسی شاخص‌های مورد مطالعه

جهت تعیین و محاسبه رابطه طول–وزن برای جمعیت تیمارهای آزمایشی، ابتدا طول و وزن کل به صورت لگاریتمی (log10) تبدیل شدند و رگرسیون حداقل مربعات بین log10W و log10TL اجرا شد. سپس معادله رگرسیونی رابطه طول – وزن، برای هریک از گروه‌های ماهیان تیمارهای آزمایشی براساس معادله زیر مشخص گردید:

$$W = aL^b$$

در این معادله W وزن زنده (گرم)، L طول کل (میلی‌متر)، و a و b به‌ترتیب فرم نمایی عرض از مبدا و شیب معادله لگاریتمی طول–وزن هستند. در نهایت مقادیر شاخص وضعیت بدنی فولتون با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$CF=W/L^3\times100$$

در این معادله W وزن زنده (گرم) و L طول کل (سانتی‌متر) می باشد (Engebretsen *et al*., 2024).

آنالیز لاشه

در پایان آزمایش، از هر تکرار ۳ عدد فیل‌ماهی به صورت تصادفی انتخاب گردید. برای تعیین ترکیب لاشه، سطوح پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان پروتئین لاشه از روش کلدال و برای سنجش میزان چربی از روش سوکسله استفاده شد. مقدار رطوبت لاشه نیز با استفاده از دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت به دست آمد. برای تعیین خاکستر لاشه از کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت استفاده گردید (AOAC, 2005).

تجزیه و تحلیل های آماری

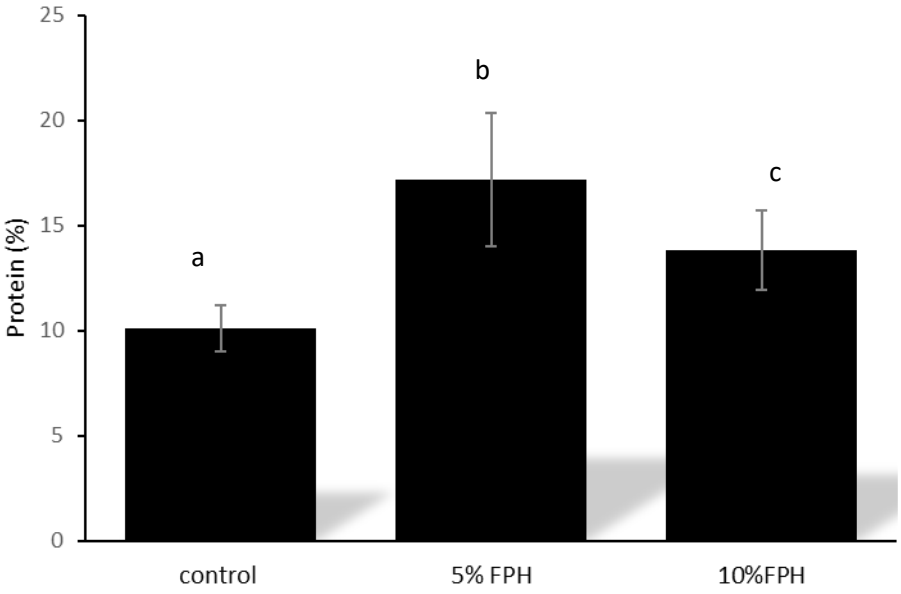
آنالیزهای آماری تک متغیره با استفاده از نرم افزار SPSS 19 صورت گرفت. مقایسه میانگین شاخص‌ها در تیمارهای آزمایشی با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی داری ($p<0.05$) مورد بررسی قرارگرفت. لازم به ذکر است که سطح اطمینان ۹۵٪ به عنوان سطح آستانه مورد قبول استاندارد معنی داری اختلاف درنظر گرفته شد و در موارد دستیابی به سطوح اطمینان بالاتر از ۹۹٪، سطح خطای $p<0.01$ گزارش گردید.

نتایج

میزان پروتئین بچه فیل‌ماهیان در تیمار شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ به ترتیب ۱۰/۱، ۱۷/۱۹ و ۱۳/۸۵ درصد محاسبه شد. نتایج آنالیز لاشه نشان داد که بالاترین درصد پروتئین مربوط به تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده بود. مقادیر پروتئین لاشه در تیمارهای ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر و با تیمار شاهد نشان داد ($p<0.01$) (شکل ۱).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

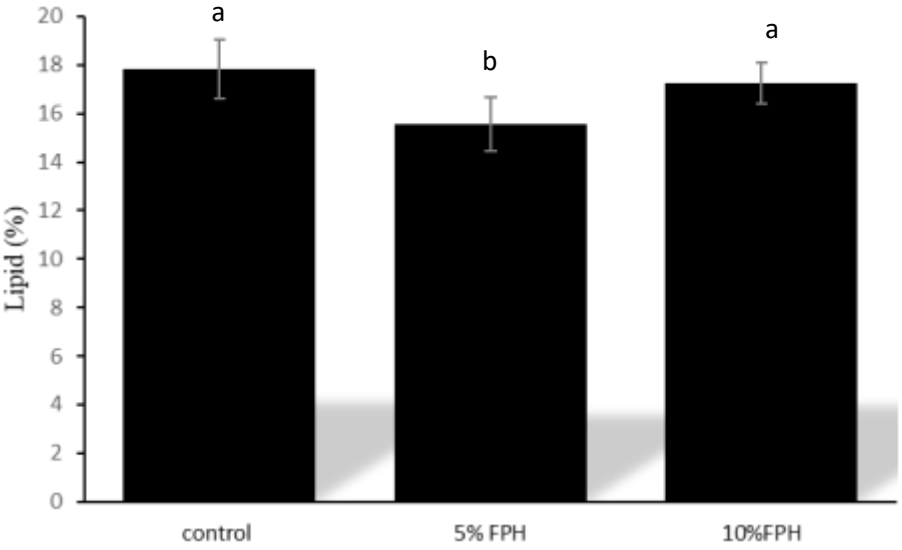
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]



شکل۱: میزان پروتئین در لاشه فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 1: Protein content in giant sturgeon carcasses in different treatments

میزان چربی بچه فیل‌ماهیان در تیمار شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ به ترتیب ۱۷/۸۳، ۱۵/۵۶ و ۱۷/۲۳ درصد اندازه گیری شد و تنها درصد چربی ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵ درصد پروتئین هیدرولیز شده کاهش معنی‌داری را با درصد چربی دو تیمار دیگر نشان دادند ($p<0.05$) (شکل ۲).

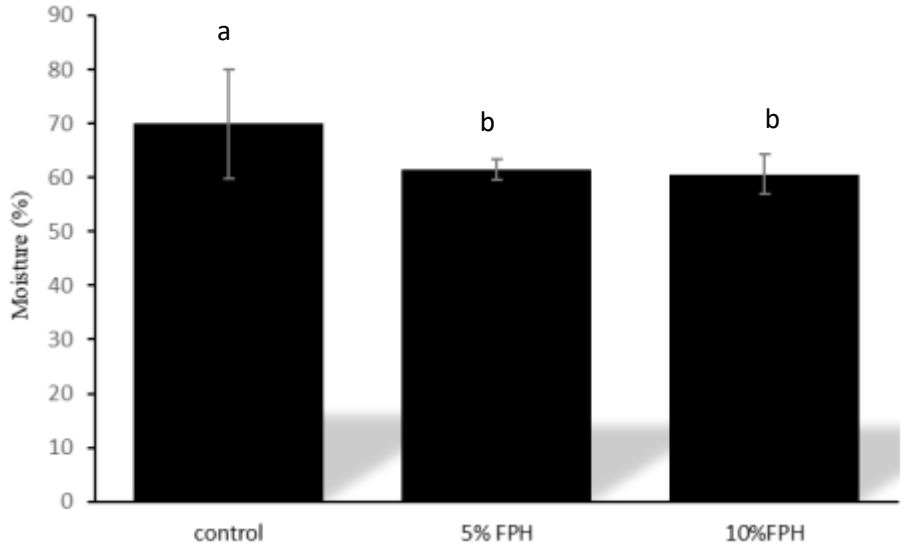


شکل۲: میزان چربی در لاشه فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 2: Fat content in giant sturgeon carcasses in different treatments

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

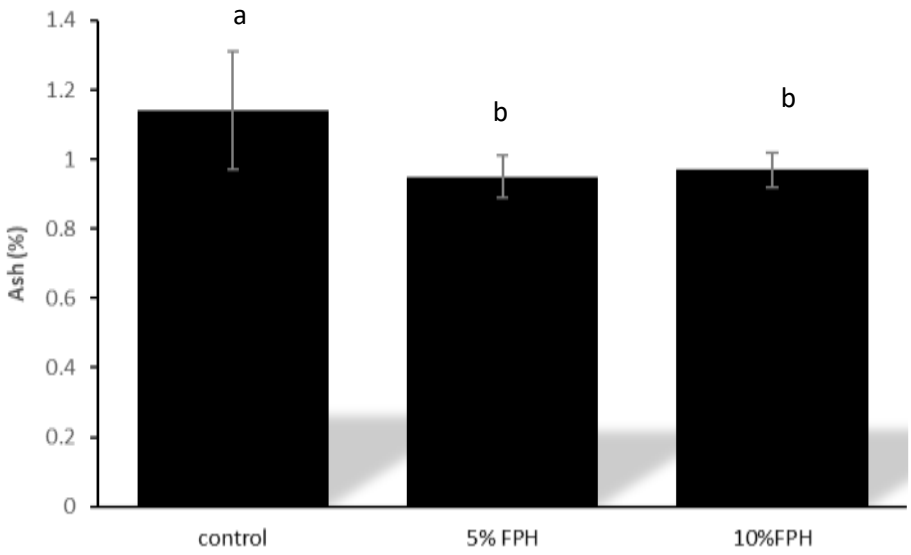
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]



شکل۳: میزان رطوبت در لاشه فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 3: Moisture content in giant sturgeon carcasses in different treatments

میزان خاکستر بچه فیل‌ماهیان در تیمار شاهد و تیمارهای۱ و ۲ به ترتیب ۱/۱۴، ۰/۹۵ و ۰/۹۷ درصد اندازه گیری شد و بین ماهیان تیمار شاهد با دو تیمار دیگر تفاوت معنی‌دار آماری وجود داشت ($p<0.05$) (شکل ۴).



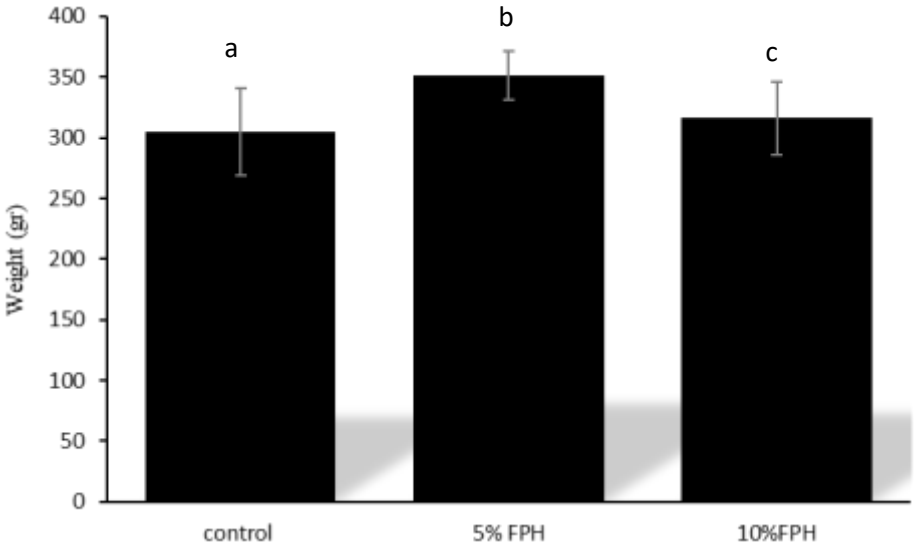
شکل۴: میزان خاکستر در لاشه فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 4: Ash content in giant sturgeon carcasses in different treatments

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

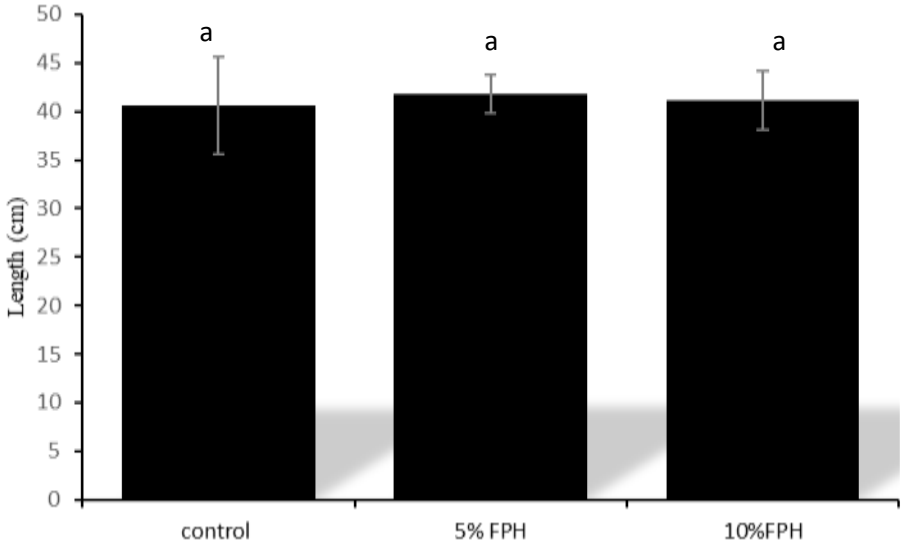
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

بیشترین میانگین وزن در بچه فیل‌ماهیان تیمار ۱ با ۳۵۱/۶۶ گرم و کمترین مقدار در تیمار شاهد با ۳۰۴/۵۳ گرم محاسبه شد (p<۰/۰۱) (شکل ۵). ولی از لحاظ طول کلاختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد (p>۰/۰۵)، اگرچه بالاترین میانگین طول کل در تیمار ۱ به مقدار ۴۱/۸۵ سانتی متر و کمترین میانگین طول کل در تیمار شاهد به میزان ۴۰/۵۸ سانتی متر مشاهده شد.



شکل۵: میانگین وزن فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 5: Mean weight in giant sturgeon carcasses in different treatments



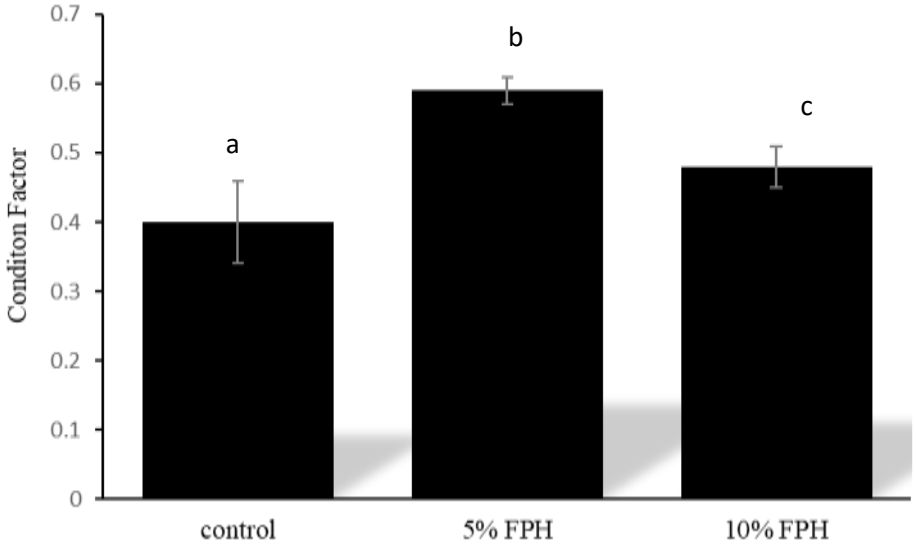
شکل۶: میانگین طول کل فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 6: Mean total length in giant sturgeon carcasses in different treatments

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

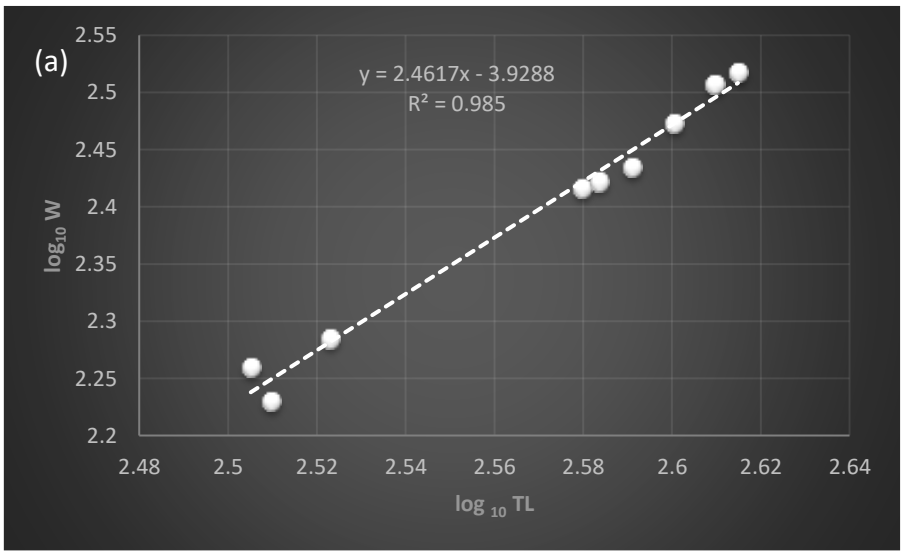
بیشترین شاخص وضعیت در بچه فیل‌ماهیان تیمار ۱ با ۰/۱۲± ۰/۵۵ و کمترین شاخص وضعیت در ماهیان شاهد با ۰/۰۷±۰/۴۳ محاسبه گردید (p<۰/۰۱) (شکل ۷).



شکل۷: میانگین شاخص وضعیت فیل‌ماهی در تیمارهای مختلف

Figure 7: Mean condition factor in giant sturgeon carcasses in different treatments

در این تحقیق مشخص شد در بچه فیل‌ماهی، معادلات لگاریتمی طول–وزن تفاوت‌های معنی‌دار در رابطه رگرسیونی طول– وزن و مقادیر ضریب وضعیت بین تیمارهای آزمایشی وجود داشت (شکل ۸).

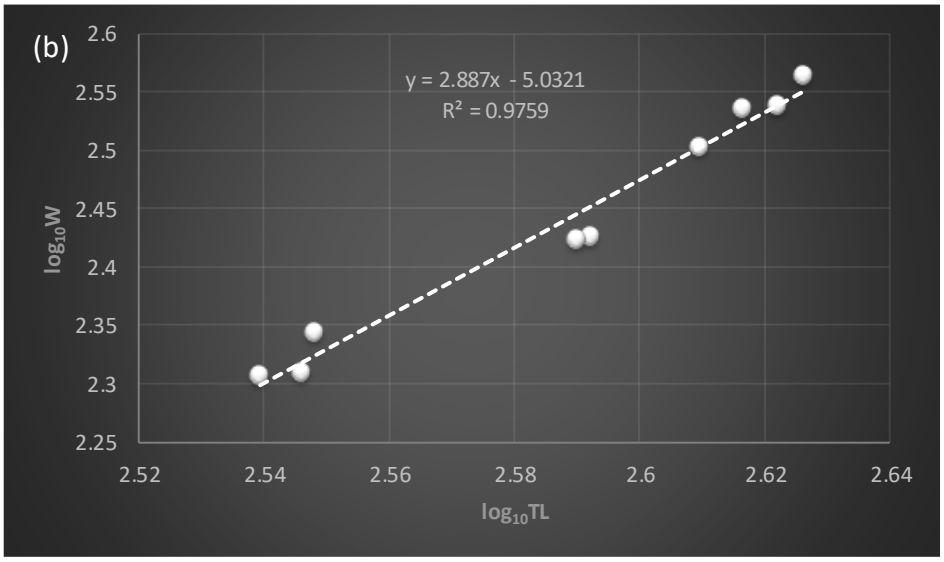


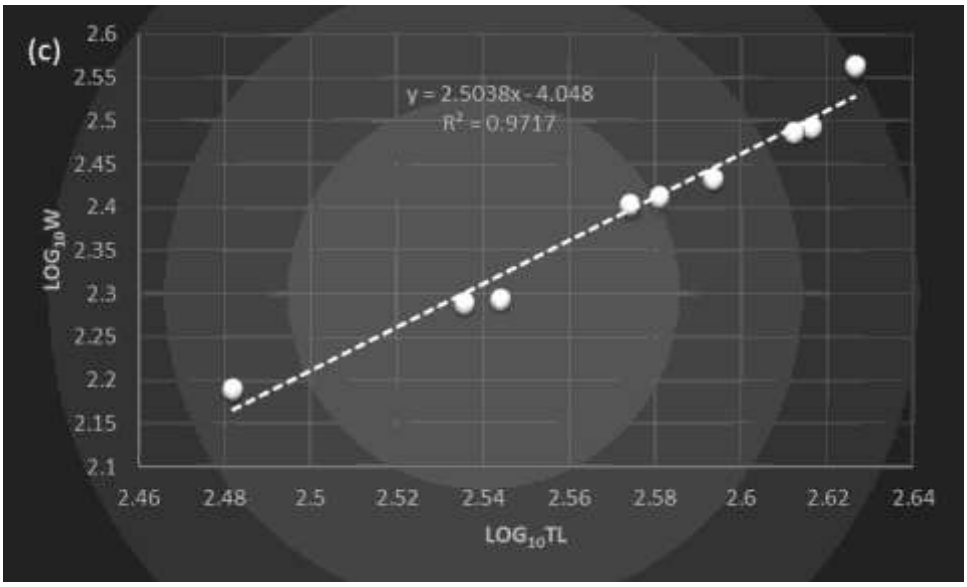
شکل ۸: رگرسیون حداقل مربعات بر اساس لگاریتم پایه ۱۰ وزن بر روی لگاریتم پایه ۱۰ طول کل، براش داده شده برای گروه های ماهیان تیمارهای تغذیه شده با جیره شاهد (a) ، جیره حاوی ۵٪ (b) و جیره حاوی ۱۰ درصد FPH (c)

Figure 8: Ordinary least-squares regression of weight (on the y-axis) versus total length, both on a log10 scale, for fish groups fed with control diet (a), diets containing 5% FPH (b), and 10% FPH (c)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]





ادامه شکل ۸: رگرسیون حداقل مربعات بر اساس لگاریتم پایه ۱۰ وزن بر روی لگاریتم پایه ۱۰ طول کل، براش داده شده برای گروه های ماهیان تیمارهای تغذیه شده با جیره شاهد (a) ، جیره حاوی ۵٪ (b) و جیره حاوی ۱۰ درصد FPH (c)

Continuation of Figure 8: Ordinary least-squares regression of weight (on the y-axis) versus total length, both on a log10 scale, for fish groups fed with control diet (a), diets containing 5% FPH (b), and 10% FPH (c)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

بحث

در تحقیق انجام شده مکمل پروتئین هیدرولیز شده نه تنها اختلاف معنی‌داری را بر عملکرد رشد و وزن ماهیان نشان داد، بلکه باعث تفاوت معنی‌دار در شاخص وضعیت ماهیان شد. درحالیکه اثر معنی‌داری بر طول ماهیان نداشت. بهترین عملکرد در تیمار ۵ درصد مشاهده شد و ازآنجا که مقدار درصد پروتئین در آنالیز لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵ درصد پروتئین هیدرولیزشده نسبت به تیمار ۱۰ درصد و شاهد بیشتر بود، می‌توان استنباط کرد استفاده از مقدار کم (۵ درصد) از مکمل پروتئین هیدرولیز شده باعث افزایش قابلیت هضم پروتئین و تولید افزایش توده زنده گردیده است. مقدار بیشتر از ۵ درصد (۱۰ درصد)، اگر چه باعث افزایش وزن و شاخص وضعیت بالاتر نسبت به تیمار شاهد شده بود اما عملکرد آن نسبت به تیمار ۵ درصد کمتر بوده است. محققین نشان داده اند که جیره‌های لارو ماهی نباید حاوی بیش از ۵۰ درصد پروتئین هیدرولیز شده باشد (Kolkovski and Tandler, 2000). در این تحقیقات مشخص گردید که اثرات مثبت پروتئین هیدرولیز شده ماهی بر روی کارایی رشد ، ناشی از قابلیت بالای هضم پروتئین هیدرولیز شده توسط آنزی‌های گوارشی و تولید مقدار بیشتر توده زنده می باشد (Cahu *et al*., 1999; Aguila *et al*., 2000). محققان بهبود عملکرد ماهی را به فاکتورهایی نظیر افزایش قابلیت هضم پروتئین به واسطه مقدار درصد هیدرولیز غذا یا تأثیر جذب اسیدهای آمینه آزاد شده در طول فرایند هیدرولیز نسبت می‌دهند (Oliva-Teles *et al*., 1999). در مطالعه اثرات مکمل پروتئین هیدرولیز شده با سطوح ۱،۰/۵ و ۲ درصد بر روی ماهی انگشت قد Pabda (*Ompok pabda*) بیشترین وزن بدن و شاخص وضعیت در تیمار ۲ درصد نشان داده شد (Suma *et al*., 2023). در تحقیقی دیگر در زمینه اثرات مختلف مکمل پروتئین هیدرولیز شده دارای استخوان و فاقد استخوان نسبت به تیمار شاهد (پودرماهی) بر ماهی آزاد جوان کوهو (*Oncorhynchus kisutch*) نشان داده شد که شاخص وضعیت ماهیان تغذیه شده با مکمل پروتئین هیدرولیز شده بالاتر بود، اما اختلاف معنی‌داری میان شاخص وضعیت تیمارهای آزمایشی حاصل نشد که مشخص می گردد جیره‌های حاوی مکمل پروتئین هیدرولیز شده رابطه بین طول- وزن را تحت تأثیر قرار نداده‌اند (Murray *et al*., 2003). Pyanov و همکاران در سال ۲۰۲۲ نشان دادند مصرف مکمل پروتئین هیدرولیز شده تهیه شده ازسر Smoked Sprat به میزان ۵ درصد در جیره غذایی سفید ماهی اروپایی (*Coregonus lavaretus*)، هیچ اثر منفی بر رشد ماهی نداشته است و علی‌رغم تاثیر معنی‌دار بر میزان بقا، مقدار شاخص وضعیت در تیمار شاهد و تیمارحاوی مکمل پروتئین هیدرولیز شده مشابه بود. در تحقیق دیگر پروتئین هیدرولیز شده تهیه شده از شاه ماهی کامل چرخ شده با استفاده از آنزیم صنعتی آلکالاز با مقادیر۶ ،۱۲ ،۱۸ ،۲۴ و۳۰ درصد در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) کمترین افزایش وزن در تیمار ۳۰ درصد و بیشترین تمایل به تغذیه در تیمارهای ۱۸ و ۲۴ درصد گزارش گردید. همچنین قابلیت هضم ظاهری اسیدهای آمینه آرژنین، لیزین، متیونین، فنیل آلانین و پروتئین خام با افزایش سطح مصرف پروتئین هیدرولیز شده، افزایش معنی‌داری داشت، در حالیکه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

تاثیر معنی‌داری بر شاخص وضعیت نداشت (Hevrøy *et al*., 2005).

ارتباط بین شاخص وضعیت و ترکیبات بدن می‌تواند به صورت قابل توجهی در بین گونه‌های ماهی متفاوت باشد. از سوی دیگر شاخص وضعیت می‌تواند معیار قابل اعتمادی برای محتوای لیپید باشد و شاخص وضعیت در گونه هایی با محتوای چربی بیشتر، قوی‌تر است. در تحقیق حاضر ماهیان شاهد نسبت به ماهیان تغذیه شده با مکمل پروتئین هیدرولیز شده، حاوی رطوبت بیشتر و شاخص وضعیت کمتری بودند. مطالعات نشان داده‌است یک ارتباط منفی قابل توجه بین شاخص وضعیت و محتوای آب بدن ماهی وجود دارد (Mozsár *et al*., 2015). همچنین مشخص گردیده است که جرم نسبی و محتوای آب ماهی رابطه معکوس دارند (Brown and Murphy, 1991). این نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های مورفومتریک می‌توانند پیش بینی کننده‌های قابل اعتمادی برای محتوای آب در ماهی باشد. از آن‌جایی که محتوای آب و انرژی (به عنوان مثال چربی) رابطه منفی دارند (Lambert and Dutil, 1997)، شاخص وضعیت می‌تواند به طور غیر مستقیم اطلاعاتی در رابطه با ذخایر انرژی و سلامت ماهی ارائه دهد. به عبارت دیگر معمولا در بافت‌های بدن ماهیان با مقادیر شاخص وضعیت کمتر، آب بیشتری جذب و ذخیره می شود، در نتیجه ماهی توانایی کمتری برای سازگاری با پارامترهای محیطی و مقابله با گرسنگی خواهد داشت. براساس برخی از تحقیقات گذشته، تغییرات شاخص وضعیت منعکس کننده تغییرات توده کل بدن نست به طول ماهی است، و پاسخ توده زنده ماهیان به اثرات عوامل محیطی در گونه‌هایی با محتوای چربی بیشتر، شدیدتر است. این در حالی است که عوامل استرس‌زا تأثیر کمتری بر ترکیب بدن و گونه‌های ماهی با مقادیر کمتر محتوای چربی داشتند. فرض بر این است که کاهش قابل توجه در محتوای چربی می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه توده شود که بر روابط طول- وزن تأثیر می‌گذارد (Chellappa *et al*., 1995). در رابطه با محتوای پروتئین و شاخص وضعیت ارتباط ضعیفی توسط برخی محققان گزارش شده است (Rønsholdt, 1995; Mozsár *et al*. 2015). برعکس در تحقیق حاضر ماهیان شاهد با مقدار پروتئین کمتر دارای شاخص وضعیت کمتر و ماهیان تغذیه شده با مکمل پروتئین هیدرولیز شده ، با میزان پروتئین بیشتر، شاخص وضعیت بیشتری را نشان دادند. Safran در سال ۱۹۹۲ مشخص کرد که مقدار شاخص وضعیت برای گونه‌ها و جمعیت ماهیان ثابت نیست و مقدار شاخص وضعیت باید برابر با ۱ باشد، در حالی‌که مقدار شاخص وضعیت کمتر و بیشتر از ۱، به ترتیب نشان‌دهنده شاخص وضعیت پایین و متوسط است (Safran, 1992).

در حال حاضر و در سطح جهان بیشترین مطالعات و تحقیقات در حوزه آبزی‌پروری بر روی آزاد ماهیان انجام شده است که از آن جمله می توان به تحقیقات، تجزیه و تحلیل و استفاده از شاخص ضریب وضعیت این ماهیان به‌عنوان شاخصی از رشد و نشانه‌ای از وضعیت تغذیه‌ای آنها اشاره نمود (van Rijn *et al*. 2021). اما نتایج تحقیق حاضر تنها داده‌های پایه را در مورد ضریب وضعیت برای چاقی فیل ماهی ارائه می‌دهد. شاخص وضعیت به‌دست‌آمده در این مطالعه (۰/۴–۰/۵۹) قابل مقایسه با ضریب وضعیت ۰/۳۴– ۰/۲۷ برای ماهی جوان تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تحت تاثیر محدودیت‌های تغذیه‌ای و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

گرسنگی (Shirvan *et al*., 2020) است. در این تحقیق میانگین ارزش‌های ضریب b تفاوت معنی‌داری با یکدیگر و با مقدار استاندارد ۳ نشان داد و مشخص گردید که الگوی رشد لارو فیل ماهی آلومتریک منفی است. زمانی که نمای معادله وزن- طول و یا ضریب b برابر ۳.۰ باشد، فرم بدن طی دوره رشد نسبت ثابتی را با طول حفظ می‌کند و ماهی به‌طور ایزومتریک رشد می‌کند که منجر به شکل ایده‌آل می‌شود. با این حال، زمانی که b کمتر از ۳.۰ باشد، ماهی رشد آلو متریک منفی را نشان می‌دهد و زمانی که مقدار b بیشتر از ۳.۰ باشد، ماهی رشد آلومتریک مثبت را نشان می‌دهد. مقادیر برآورد شده ضریب b برای تیمارهای آزمایشی بین حداقل ۲/۴۶ (در تیمار شاهد) تا ۲/۸۹ (برای تیمار ٪۵) متغیر بود. این نتایج با مقادیر رایج دامنه‌ای (۲.۵ تا ۳.۵) برای پارامتر b در ماهیان خاویاری مطابقت دارد (Margaritova and Uzunova, 2020). کمترین شاخص وضعیت در میان ماهیان خاویاری برای ازون‌برون (*A. stellatus*)، در دامنه (۰/۳ ±۰/۰۰۳) ثبت و گزارش شده است. این در حالی است که در تاس‌ماهی روسی (*A. ruthenus*) بالاترین مقادیر شاخص وضعیت (۰/۵۱۴ ±۰/۰۱۱) مشاهده شده است. همچنین برای نمونه‌هایی با طول کل (TL) بالاتر از ۳۵ سانتی‌متر، مقادیر پارامتر b از ۳/۲۲۷ (ازون‌برون) تا ۳/۶۶۸ (تاس‌ماهی روسی) متغیر بوده است. این امر (بزرگی غیر معمول ضرایب b تا حد ۳/۶۶۸) ممکن است به این دلیل باشد که نمونه‌های تاس‌ماهی روسی مورد بررسی از مزرعه پرورشی برای اهداف بازپروری انتخاب و مورد آنالیز قرار گرفته اند، که به صورت دستی و باکمیت وکیفیت بالا تغذیه شده بودند (Margaritova and Uzunova, 2020).

نتیجه‌گیری

داده‌های ارائه شده نشان داد که پروتئین هیدرولیز شده به عنوان منبعی از پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، و پپتیدهای زیست فعال بوده که استفاده از آن به عنوان مکمل، اثرات چشمگیر و امیدوارکننده‌ای را در امر تغذیه و آبزی پروری بدنبال خواهد داشت. مطالعه حاضر همچنین نشان داد که پتانسیل بالایی برای مصرف رژیم‌های غذایی مبتنی بر جایگزینی نسبی پروتئین هیدرولیزشده در تغذیه بچه فیل‌ماهی وجود دارد. همچنین میزان جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده می‌تواند عامل کلیدی در فرمولاسیون رژیم‌های غذایی پایدار و مؤثر برای مراحل اولیه زندگی فیل‌ماهی باشد. در نهایت، با جایگزینی ۵٪ پروتئین هیدرولیزشده در رژیم غذایی، اثرات قابل توجه و مثبت در کیفیت لاشه، شاخص وضعیت و مولفه های مورفومتریک بچه فیل‌ماهی حاصل شد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت های همکاران محترم کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Aera, C.N., Migiro, K.E., Ogello, E.O., Githukia, C.M., Yasindi, A., Outa, N. and Munguti, J.M., 2014. Length–weight relationship and condition factor of common carp, Cyprinus carpio in lake Naivasha, Kenya. *International Journal of Current Research*, *6*(9), pp.8286-8292.
2. Abbasi, K., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S. and Sarpanah, A., 2020. Morphometric and meristic characters and biological parameters comparison of Urmia bleak *Alburnus atropatenae* (Berg, 1925) from rivers of Lake Urmia basin. *Journal of Applied*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

Ichthyological Research, *8*(1), pp.90-99. [In Persian]

3. Dumas, A., France, J. and Bureau, D., 2010. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going?. *Aquaculture Research*, *41*(2), pp.161-181. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02323.x
4. Aguila, J., Cuzon, G., Pascual, C., Domingues, P.M., Gaxiola, G., Sánchez, A., Maldonado, T. and Rosas, C., 2007. The effects of fish hydrolysate (CPSP) level on Octopus maya (Voss and Solis) diet: digestive enzyme activity, blood metabolites, and energy balance. *Aquaculture*, *273*(4), pp.641-655. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.07.01
5. AOAC, 2005. Official methods of analysis. 18th ed., Gaithersburg, MD: Association of official analytical chemists. *Aquaculture*, 224, 283-299.
6. Aspevik, T., 2016. Fish protein hydrolysates based on Atlantic Salmon by-products. Enzyme cost-efficiency and characterization of sensory, surface-active and nutritional properties. The University of Bergen, Department of Biological Sciences, Doctoral Thesis, Available online at: https://bora.uib.no/bora-xmlui/bitstream/handle/1956/12181.
7. Avazeh, A., Abed Elmdust, A., Mirvaghefi, A. and Soltani, M., 2023. Comparing the efficiency of anesthesia with clove, propofol and electric method on the duration and return from anesthesia and its effect on some immune and physiological responses in the beluga (*Huso huso*). *Journal of Fisheries*, *76*(2), pp.209-221. DOI: 10.22059/jfisheries.2023.348600.1342
8. Azam, K., Ali, M.Y., Asaduzzaman, M., Basher, M.Z. and Hossain, M.M., 2004. Biochemical assessment of selected fresh fish. *Journal of Biological Sciences*, *4*(1), pp.9-10. DOI: 10.3923/jbs.2004.9.10
9. Brown, M.L. and Murphy, B.R., 1991. Relationship of relative weight (W r) to proximate composition of juvenile striped bass and hybrid striped bass. *Transactions of the American Fisheries Society*, *120*(4), pp.509-518. DOI: 10.1577/1548-8659(1991)120<0509:RORWTP>2.3.CO;2
10. Berge, G.M. and Storebakken, T., 1996. Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture*, *145*(1-4), pp.205-212. DOI:10.1016/S0044-8486(96)01355
11. Breck, J.E., 2014. Body composition in fishes: body size matters. *Aquaculture*, *433*(2), pp.40-49. DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.05.049
12. Carvalho, A.P., Escaffre, A.M., Oliva Teles, A. and Bergot, P., 1997. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture International*, *5*(4), pp.361-367. DOI:10.1023/A:1018368208323
13. Cahu, C.L., Infante, J.Z., Quazuguel, P. and Le Gall, M.M., 1999. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass Dicentrarchus labrax larvae. *Aquaculture*, *171*(1-2), pp.109-119. DOI: 10.1016/S0044-8486(98)00428-1
14. Chalamaiah, M., Hemalatha, R. and Jyothirmayi, T., 2012. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food Chemistry*, *135*(4), pp.3020-3038. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.06.100
15. Chellappa, S., Huntingford, F.A., Strang, R.H.C., and Thomson, R.Y. 1995. Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. *Journal of Fish Biology*, *47*(5), 775-787. DOI:10.1111/j.1095-8649.1995.tb06002.x
16. Da Silva, T.C.D., Rocha, J.D.A.M., Moreira, P., Signor, A. and Boscolo, W.R., 2017. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *52*(07), pp.485-492. DOI:10.1590/S0100-204X2017000700002

17. Das, S.K., Tou, W.X., Noor, N.M., De, M. and Samat, A., 2021. Length-weight relationship, condition factor, and age estimation of commercially important trawl species from Mersing coastal waters, Johor, *Malaysia. Sains Malaysiana*, *50*(1), pp.1-7. DOI:10.17576/jsm-2021-5001-01
18. Engebretsen, S., Aldrin, M., Lunde, L., Austad, M., Rafoss, T., Danielsen, O.R., Lindhom, A., Boissonnot, L. and Jansen, P.A., 2024. Condition factor tailored to lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) used as cleaner fish in salmonid farms. *Aquaculture Reports*, *35*, p.101996. DOI:10.1016/j.aqrep.2024.101996
19. Food and Agricultural Organization (FAO), 2020. The state of world fisheries and aquaculture 2020. pp.1-244.
20. Hevrøy, E.M., Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M. and Hemre, G.I., 2005. Nutrient utilization in Atlantic salmon (Salmo salar L.) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*, *11(*4), pp.301-313. DOI:10.1111/j.1365-2095.2005.00357.x
21. Hua, K., Cobcroft, J.M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D.R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M.J., Zeng, C., Zenger, K. and Strugnell, J.M., 2019. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*, *1*(3), pp.316-329. DOI:10.1016/j.oneear.2019.10.018
22. Kotzamanis, Y.P., Gisbert, E., Gatesoupe, F.J., Infante, J.Z. and Cahu, C., 2007. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to Vibrio anguillarum in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, *147*(1), pp.205-214. DOI:10.1016/j.cbpa.2006.12.037
23. Kolkovski and Tandler, 2000. The use of squid protein hydrolysate as a protein source in microdiets for gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture Nutrition*, *6*(1), pp.11-15. DOI:10.1046/j.1365-2095.2000.00125.x
24. Kari, Z.A., Kabir, M.A., Mat, K., Rusli, N.D., Razab, M.K.A.A., Ariff, N.S.N.A., Edinur, H.A., Rahim, M.Z.A., Pati, S., Dawood, M.A. and Wei, L.S., 2021. The possibility of replacing fish meal with fermented soy pulp on the growth performance, blood biochemistry, liver, and intestinal morphology of African catfish (Clarias gariepinus). *Aquaculture Reports*, *21*, p.100815. DOI:10.1016/j.aqrep.2021.100815
25. Kamal, D., Khan, A.N., Rahman, M.A. and Ahamed, F., 2007. Biochemical composition of some small indigenous fresh water fishes from the River Mouri, Khulna, Bangladesh. *Pakistan journal of biological sciences: Pakistan Journal of Biological Sciences*, *10*(9), pp.1559-1561. DOI:10.3923/pjbs.2007.1559.1561
26. Lambert, Y. and Dutil, J.D., 1997. Can simple condition indices be used to monitor and quantify seasonal changes in the energy reserves of cod (Gadus morhua)?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *54*(S1), pp.104-112. DOI:10.1139/f96-149
27. Margaritova, B.K. and Uzunova, E.P., 2020. Length-Weight Relationships and Condition Factors of Three Sturgeon Species (Acipenseridae) from the Danube River. *Ecologia Balkanica*, *12*(2), pp. 197-201.
28. Mousavi Nadushan, R., Hellat, R., 2019. Production of iron-chelating proteinous hydrolysate from freshwater prawn, Macrobrachium nipponense. *Iranian Scientific Fisheries Journal,* 28(1), pp.9–18. [In

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

Persian] DOI:10.22092/isfj.2019.118537

29. Mousavi Nadushan, R., Roohi-Shalmaee, N. and Mahmoodi-Kelarijani, M., 2024. Extraction, microstructural, and FTIR characterization of elastin from skin and swim bladder of Caspian white fish *Rutilus kutum*. *Fisheries Science*, *90*(2), pp.307-317. DOI:10.1007/s12562-023-01733-2
30. Mozsár, A., Boros, G., Sály, P., Antal, L. and Nagy, S.A., 2015. Relationship between F ulton's condition factor and proximate body composition in three freshwater fish species. *Journal of Applied Ichthyology*, *31*(2), pp.315-320. DOI:10.1111/jai.12658
31. Murray, H.W., Brooks, E.B., DeVecchio, J.L. and Heinzel, F.P., 2003. Immunoenhancement combined with amphotericin B as treatment for experimental visceral leishmaniasis. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, *47*(8), pp.2513-2517. DOI:10.1128/aac.47.8.2513-2517.2003
32. Oliva-Teles, A., Cerqueira, A.L. and Gonçalves, P., 1999. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture*, *179*(1-4), pp.195-201. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00162-3
33. Pyanov, D., Mezenova, O., Romanenko, N., Agafonova, S., Volkov, V., Kalinina, N. and Delmukhametov, A., 2022, September. A preliminary evaluation of the effect of fish protein hydrolysate in diet on the growth and survival of European whitefish (*Coregonus lavaretus* Linnaeus, 1758) juveniles. *In AIP Conference Proceedings, 26369*(1), p. 020014. AIP Publishing LLC. DOI:10.1063/5.0103851
34. Ragheb, E., 2023. Length-weight relationship and well-being factors of 33 fish species caught by gillnets from the Egyptian Mediterranean waters off Alexandria. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, *49*(3), pp.361-367. DOI:10.1016/j.ejar.2023.01.001
35. Refstie, S., Olli, J.J. and Standal, H., 2004. Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*, *239*(1-4), pp.331-349. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.06.015
36. Rønsholdt, B., 1995. Effect of size/age and feed composition on body composition and phosphorus content of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. *Water Science and Technology*, *31*(10), pp.175-183. DOI:10.1016/0273-1223(95)00437-R
37. Safran, P., 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Marine Biology*, *112*(4), pp.545-551. DOI: 10.1007/BF00346171
38. Siddik, M.A., Howieson, J., Fotedar, R. and Partridge, G.J., 2021. Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, *13*(1), pp.406-430. DOI:10.1111/raq.12481
39. Shirvan, S., Falahatkar, B., Noveirian, H.A. and Abbasalizadeh, A., 2020. Physiological responses to feed restriction and starvation in juvenile Siberian sturgeon Acipenser baerii (Brandt, 1869): Effects on growth, body composition and blood plasma metabolites. *Aquaculture Research*, *51*(1), pp.282-291. DOI:10.1111/are.14374
40. Suma, A.Y., Nandi, S.K., Abdul Kari, Z., Goh, K.W., Wei, L.S., Tahiluddin, A.B., Seguin, P., Herault, M., Al Mamun, A., Téllez-Isaías, G. and Anamul Kabir, M., 2023. Beneficial effects of graded levels of fish protein hydrolysate (FPH) on the growth performance, blood biochemistry, liver and intestinal health, economics efficiency, and disease resistance to Aeromonas hydrophila of pabda

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]

(*Ompok pabda*) fingerling. *Fishes*, *8*(3), p.147. DOI:10.3390/fishes8030147

41. Tejpal, C.S., Vijayagopal, P., Elavarasan, K., Prabu, D.L., Lekshmi, R.G.K., Anandan, R., Sanal, E., Asha, K.K., Chatterjee, N.S., Mathew, S. and Ravishankar, C.N., 2021. Evaluation of pepsin derived tilapia fish waste protein hydrolysate as a feed ingredient for silver pompano (*Trachinotus blochii*) fingerlings: Influence on growth, metabolism, immune and disease resistance. *Animal Feed Science and Technology*, *272*, p.114748. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2020.114748
42. Tobin, D., Kause, A., Mäntysaari, E.A., Martin, S.A., Houlihan, D.F., Dobly, A., Kiessling, A., Rungruangsak-Torrissen, K., Ritola, O. and Ruohonen, K., 2006. Fat or lean? The quantitative genetic basis for selection strategies of muscle and body composition traits in breeding schemes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, *261*(2), pp.510-521. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.07.023
43. van Rijn, C.A., Jones, P.L., Evans, B.S. and Afonso, L.O., 2021. Physiological and growth responses of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) transferred to seawater during different stages of smolt development. *Aquaculture*, *538*, p.736527. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.736527
44. Yathisha, U.G., Tanaaz, M., Bhat, I., Luckose, F. and Mamatha, B.S., 2023. Physicochemical properties and angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of lipid-free ribbon fish (*Lepturacanthus savala*) protein hydrolysate. *Journal of Food Science and Technology*, *60*(1), pp.340-352. DOI: 10.1007/s13197-022-05620-z

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-880]