دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره ششم، شماره دوم، تابستان ۹۷
http://jair.gonbad.ac.ir

بررسی عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه بچه‌ماهی سفید *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پروتئین و روی

عسگر زحمتکش[*1]، کتایون کریم‌زاده[2]

[1]استادیار گروه شیلات، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

[2]استادیار گروه بیولوژی دریا، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

تاریخ ارسال: ۹۶/۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۳۰

چکیده

تأمین غذای کارآمد از مهمترین عوامل موفقیت در معرفی ماهی سفید (*R. kutum*) به سیستم‌آبزی‌پروری است. بدین لحاظ جهت بررسی تأثیر مقدار پروتئین و روی جیره بر رشد و بازماندگی این گونه، تعداد ۳۶۰ قطعه بچه‌ماهی سفید با میانگین وزن اولیه ۰/۰۵±۰/۵۶ گرم و طول اولیه ۰/۲۱±۳/۹۱ سانتی‌متر در ۱۲ آکواریم با حجم آب ۶۰ لیتر ذخیره‌سازی شدند. بچه‌ماهیان به‌مدت ۸۳ روز با ۴ جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف پروتئین (۳۶ و ۴۴ درصد) و روی (۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا) تغذیه شدند. نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد و بازماندگی بچه‌ماهیان سفید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مقادیر مختلف پروتئین و روی در جیره قرارگرفت. بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۴۴ درصد پروتئین و ۰/۰۰۵ درصد روی بالاترین افزایش وزن (۰/۰۶±۰/۷۹)، درصد افزایش وزن (۸/۷±۱۵۴/۸۸) و نرخ رشد ویژه (۰/۰۴±۱/۱۳) را بروز دادند. ولی بیشترین میزان بازماندگی در تیمار غذایی حاوی ۳۶ درصد پروتئین و ۰/۰۲ روی (۰/۰۰±۹۶/۶۷ درصد) مشاهده گردید. با افزایش سطح پروتئین در جیره مقدار پروتئین کل بدن افزایش پیدا کرد. در کل، بچه‌ماهیان سفید تغذیه شده با جیره حاوی ۴۴ درصد پروتئین و ۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم غذا براساس معیارهای رشد و ترکیب بدن پاسخ نسبتاً بهتری را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی **: *R. kutum*، پروتئین، روی، رشد، ترکیب لاشه**

[*]نویسنده مسئول: aszahmat@yahoo.co.uk

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

مقدمه

ماهی سفید دریای خزر (*R. kutum*) از ماهیان استخوانی ارزشمندی است (Razavi *et al*., 1992; Abdolhay *et al*., 2010) که معرفی آن به سیستم آبزی‌پروری به‌منظور تولید گوشت و تأمین نیاز بازار مصرف در دهه اخیر توجه بسیاری از محققین علوم شیلاتی و سازمان شیلات را به‌خود معطوف داشته است.

مسلم است که موفقیت در زمینه پرورش و تولید این گونه، از طریق تولید بچه‌ماهیان سفید دارای ویژگی‌های مناسب شامل مقاومت در مقابل بیماری‌ها و عوامل محیطی نامساعد، نرخ رشد و بازماندگی بالا میسر خواهد بود. تحقق این هدف، علاوه بر فراهم آوردن شرایط محیطی مناسب برای رشد و پرورش بچه‌ماهیان به نوع غذا نیز بستگی دارد. بدین لحاظ که غذای بکار برده شده برای تغذیه بچه ماهیان باید از کمیت، کیفیت و کارآیی مناسبی برخوردار باشد.

تاکنون مطالعاتی در خصوص رشد و تغذیه ماهی سفید به ویژه تأثیر سطوح مختلف پروتئین بر معیارهای رشد بچه‌ماهی (Navirian *et al*., 2005)، تعیین سطح مطلوب پیش مخلوط ویتامینی در جیره غذایی بچه‌ماهی سفید (Navirian *et al*., 2007)، همچنین تأثیر دما و شوری بر رشد و بازماندگی بچه‌ماهی سفید (Ahmadian *et al*., 2015) صورت گرفته است ولی نتایج حاصل از این مطالعات جهت تهیه یک غذای فرموله شده مناسب برای بچه‌ماهی سفید کفایت نمی‌کند. بدیهی است که این ماهی نیز مانند سایر آبزیان در شرایط پرورشی به یک جیره غذایی کامل حاوی سه عنصر اصلی غذایی یعنی پروتئین، چربی و کربوهیدرات نیاز دارد (Craig and Helfrich, 2009). ماهی سفید دریای خزر دارای رژیم غذایی کفزی‌خواری بوده (Abbasi *et al*., 2014) که حاوی مقادیر بالایی پروتئین و مواد معدنی است (Cho, 1985; Hopkins, 1992). پروتئین از مهمترین اجزای مواد غذایی است که بخش اصلی اعضاء بدن، بافت‌های نرم و مایعات بدن ماهی را تشکیل می‌دهد به‌طوری‌که بدون وجود این ماده مهم، ساخت و ساز اندام‌ها و بافت‌های بدن دچار اختلال شده و حیات موجود به خطر می‌افتد (NRC, 1993; Kaushik *et al*., 1995). بنابراین مقدار پروتئین جیره باید در حد مناسب برای ماهی تأمین شود (Siddiqui and Khan, 2009; Akpinar *et al*., 2012).

نیازمندی ماهیان مختلف به پروتئین متفاوت می‌باشد، لذا در مورد تأثیر پروتئین جیره بر رشد و برآورد مقدار مناسب پروتئین در جیره ماهیان مطالعات متعددی صورت گرفته است (Zhang *et al*., 2015; 2010; Mohseni *et al*., 2013; Yun *et al*.). برای نمونه نتایج یک کار تحقیقاتی نشان داد که آزادماهیان جوان (چینوک) تغذیه شده با جیره حاوی ۴۴٪ پروتئین از رشد بهتری برخوردار بودند (Goddard, 1984). نتایج به‌دست آمده از بکارگیری سه سطح ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درصد پروتئین در جیره نشان داد که سطح پروتئین ۳۵ درصد در جیره جهت رشد بچه‌ماهی سفید مناسب است (Navirian *et*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

al., 2007). باتوجه به نتایج آزمایش اخیر امکان دارد استفاده از جیره‌های حاوی پروتئین بالاتر از ۳۵ درصد عملکرد رشد و بازماندگی بهتری را در بچه‌ماهیان سفید سبب گردد.

عنصر روی یک ماده معدنی ضروری برای حیوانات آبزی و خشکی‌زی می‌باشد به‌طوری‌که فعالیت آنزیم‌های بسیاری مانند آلدولازها، پپتیدازها و فسفاتازهایی که در هضم غذا مداخله می‌کنند وابسته به عنصر روی است (Liang *et al*., 2012; Park and Shimizu, 1989). میزان روی در جیره گونه‌های مختلف ماهیان و میگو در محدوده ۱۵-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا برآورد شده است (Shiau and Jiang, 2006; Ng and Romano, 2013; Chen *et al*., 2014). با وجود اهمیت عنصر روی در جهت حفظ سلامت و بهبود عملکرد رشد ماهیان (Li and Huang, 2016)، مقدار مناسب آن در جیره غذایی ماهی سفید مورد مطالعه قرار نگرفته است.

یک گام مهم برای موفقیت در امر پرورش و تولید ماهی سفید (*R. kutum*)، فراهم کردن غذای مناسب برای بچه‌ماهیان سفید است و در این راستا محتوای پروتئین و روی غذا می‌تواند از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار باشد. از آنجایی که در این زمینه تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته لذا در این تحقیق تأثیرات سطوح مختلف پروتئین و روی جیره غذایی بر رشد و بازماندگی بچه‌ماهی سفید مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از این تحقیق نه تنها می‌تواند در جهت حفظ و تقویت ذخایر ماهی سفید (*R. kutum*) و حتی معرفی این گونه اقتصادی و مهم به سیستم آبزی‌پروری مفید واقع شود، بلکه اطلاعاتی را در خصوص نیازهای بیولوژیک این ماهی در جهت تهیه غذای فرموله شده مناسب برای آن در اختیار قرار دهد.

مواد و روش‌ها

بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) مورد استفاده در این تحقیق از مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی واقع در حومه شهر سنگر استان گیلان تهیه و توسط دبه‌های پلاستیکی ۱۰۰ لیتری که هوادهی شده و غنی از اکسیژن بود به کارگاه پرورش ماهی مرکز آموزش عالی علمی-کاربردی شیلات میرزا کوچک خان رشت انتقال داده شد و به‌منظور سازگاری با شرایط محیط پرورش و تا شروع آزمایش، بچه‌ماهیان در مخزن فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری نگهداری شدند.

به‌منظور تعیین اثر سطح پروتئین و روی جیره بر رشد، بازماندگی و ترکیب بدن بچه‌ماهیان، ۴ جیره (تیمار) غذایی حاوی ۲ سطح پروتئین (۳۶ و ۴۴ درصد در جیره) (Navirian *et al*., 2005) و ۲ سطح روی (۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا) (Chen *et al*., 2014, Li and Huang, 2016) جهت تغذیه بچه‌ماهیان به‌وسیله نرم‌افزار Lindo Version 6.1 فرموله و بالانس شد (جدول ۱). جهت تأمین

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

پروتئین جیره از ژلاتین، سفیده تخم‌مرغ و پودر ماهی استفاده گردید و برای تأمین روی، مقادیر مناسب سولفات روی به جیره‌ها افزوده شد. اقلام غذایی را پس از وزن کردن با همدیگر مخلوط کرده و پس از تهیه خمیر آن را چرخ‌کرده و پس از خشک کردن پلت ها را خرد و باتوجه به اندازه دهان بچه ماهیان از الک ۱ و ۱/۵ میلی‌متری عبور داده شدند.

بچه‌ماهی‌ها در ۱۲ آکواریم به ابعاد ۴۰cm×۳۵×۵۰ به‌مدت ۸۳ روز پرورش داده شدند. تعداد ۳۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۰۵±۰/۵۶ گرم و طول اولیه ۰/۲۱±۳/۹۱ سانتی‌متر به تفکیک در هر آکواریوم به‌طور تصادفی توزیع گردیدند. برای هوادهی آکواریوم‌ها از یک دستگاه پمپ هوای HAILEA مدل Aco-450 استفاده شد.

در طی انجام آزمایش عوامل کیفی آب مانند درجه حرارت، اکسیژن محلول و pH به‌طور روزانه به‌وسیله دستگاه مولتی‌متر دیجیتالی GENWAY مدل ۳۷۰ اندازه‌گیری و ثبت شد (جدول۲). تعویض آب آکواریوم‌ها به‌صورت روزانه به میزان ۲۰ درصد حجم آب (۱۲ لیتر) صورت گرفت. به‌علاوه طی دوره پرورش هر ۳ روز یک‌بار آب آکواریوم‌ها تخلیه و آکواریوم‌ها شستشو داده شدند.

جدول ۱- فرمول جیره‌های آزمایشی مورد استفاده جهت تغذیه بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*)

مواد اولیه (درصد در جیره)	۱ (۳۶-۵۰)*	۲ (۳۶-۲۰۰)	۳ (۴۴-۵۰)	۴ (۴۴-۲۰۰)
ژلاتین	۷	۷	۷	۷
پودر سفیده تخم‌مرغ	۱۱/۴	۱۱/۴	۲۲/۲۶	۲۲/۲۶
پودر ماهی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
مخمر	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
آرد گندم	۲۴/۵	۲۴/۵	۱۳/۵۶	۱۳/۵۶
نشاسته	۵	۵	۵	۵
شیرخشک	۴	۴	۴	۴
روغن ماهی	۴	۴	۴	۴
روغن آفتاب گردان	۷/۵	۷/۵	۷/۵۸	۷/۵۸
مخلوط معدنی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
مخلوط ویتامین	۳	۳	۳	۳
آنتی‌اکسیدان	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
روی	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲
سلولز	۰/۹۹۵	۰/۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۸

*اعداد داخل پرانتز از چپ به راست به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان پروتئین برحسب درصد و میزان روی برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در جیره است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

جدول۲- میانگین میزان عوامل فیزیک و شیمیایی آب آکواریوم‌ها در تیمارهای مختلف طی دوره پرورش بچه ماهیان سفید (*R. kutum*)

تیمار غذایی	مقدار پروتئین (درصد)	میزان روی (درصد)	درجه حرارت آب (^{o}C)	pH آب	اکسیژن محلول آب (mg/l)
۱	۳۶	۰/۰۰۵	۲۰/۵۷±۱/۹۱	۸/۲۰±۰/۱۴	۵/۶۶±۰/۵۱
۲	۳۶	۰/۰۲	۲۰/۵۶±۱/۹۷	۸/۱۳±۰/۱۱	۶/۰۵±۰/۹۵
۳	۴۴	۰/۰۰۵	۲۰/۵۹±۱/۸۹	۸/۱۰±۰/۱۰	۵/۶۱±۱/۲۰
۴	۴۴	۰/۰۲	۲۰/۵۲±۱/۸۷	۸/۱۷±۰/۰۹	۵/۸۵±۰/۴۱

میزان غذا در ابتدای دوره پرورش معادل ۵٪ و سپس معادل ۸٪ زیست‌توده بچه‌ماهیان محاسبه و روزانه در ۳ نوبت در ساعت‌های ۸، ۱۳ و ۲۰ به بچه‌ماهی‌ها داده شد. به‌منظور مشاهده و بررسی روند رشد بچه ماهیان و همچنین به‌منظور تعیین زیست‌توده جهت محاسبه غذای آنها، زیست‌سنجی ماهیان گرفت. اندازه‌گیری وزن (با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم) و طول (با تخته بیومتری) هم زمان هر دو هفته یک‌بار انجام شد.

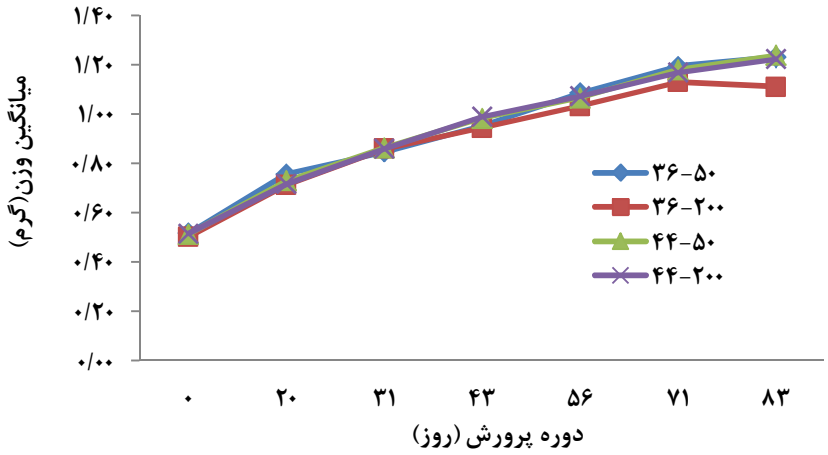
جهت تعیین ترکیب بدن ابتدا لاشه بچه‌ماهیان خرد شده و به‌مدت یک شب در داخل آون و درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. سپس نمونه‌ها آسیاب و در فریزر در درجه حرارت ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تجزیه ترکیب شیمیایی لاشه بچه‌ماهی‌ها بر اساس روش‌های استاندارد ارائه شده در AOAC (۱۹۹۰) انجام گرفت. برای تعیین رطوبت ۲ گرم نمونه جیره در داخل دستگاه خشک‌کن در دمای ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار داده شد تا وزن آن به یک حد ثابت و بدون تغییر برسد. میزان پروتئین با استفاده از روش کجلدال و دستگاه Kjeldatherm, Gerhardt, Büchi 32، مقدار چربی از طریق روش سوکسوله و به‌وسیله دستگاه Soxhlet, Büchi 810 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان فیبر با استفاده از بوته‌های شیشه‌ای و به‌وسیله دستگاه Foss, Fibertec system 1020 & 1021 تعیین گردید.

ارقام و داده‌های حاصله از اندازه‌گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی آب، زیست‌سنجی بچه‌ماهیان و آنالیز ترکیب بدن آنها در فرم‌های مناسبی ثبت و سپس به‌وسیله نرم‌افزار Excell پردازش و جمع‌بندی گردید. برای آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS-18 استفاده شد. به‌منظور مقایسه کلی میانگین معیارهای موردنظر از روش آزمون آنالیز واریانس دو طرفه و برای مقایسه میانگین هر تیمار با میانگین سایر تیمارها از آزمون Tukey HSD استفاده گردید.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

نتایج

براساس نتایج حاصل تغییرات وزن بچه‌ماهیان در ماه اول دوره پرورش در تیمارهای مختلف تقریباً یکسان بود (شکل ۱) ولی پس از آن نوساناتی در وزن آنها مشاهده شد. به‌طوری‌که بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروتئین بیشتر (۴۴ درصد) از وزن بالاتری برخوردار شدند. این نوسانات بعد از گذشت ۲ ماه یعنی در روزهای آخر دوره پرورش بیشتر مشهود گردید. آنالیز واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که میزان پروتئین و روی جیره به‌طور توأم بر عملکرد رشد و ماندگاری بچه ماهیان سفید تأثیرگذار نبوده است ($p>0/05$) ولی هر یک از آنها به‌طور مستقل برخی از شاخص‌های رشد مانند افزایش وزن، درصد افزایش وزن، نرخ رشد و بازماندگی را متأثر نمودند (جدول ۳). با وجود تفاوت ظاهری بین وزن بچه‌ماهیان در طول دوره پرورش، اختلاف بین میانگین وزن اولیه و نهایی بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول۴). بچه‌ماهیان سفید تغذیه شده با جیره حاوی ۴۴ درصد پروتئین و ۰/۰۰۵ درصد روی بیشترین افزایش وزن (۰/۷۹±۰/۰۶) را نشان دادند و کمترین افزایش وزن (۰/۶۱±۰/۰۲) در بچه‌ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۳۶ درصد پروتئین و ۰/۰۲ روی مشاهده شد (جدول ۴). در مورد درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه نیز نتایج مشابهی بدست آمد. در کل جیره‌های حاوی پروتئین بالاتر (۴۴ درصد) و روی پایین‌تر (۵۰ میلی‌گرم در گیلوگرم غذا) منجر به عملکرد رشد بهتر در بچه‌ماهیان سفید گردید.



شکل ۱- روند تغییرات وزن بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) در طول دوره پرورش در تیمارهای مختلف غذایی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*)

عامل متغیر	افزایش وزن (گرم)	درصد افزایش وزن	درصد رشد طولی	SGR روز/ درصد	درصد بازماندگی	تولید تانک/ گرم	ضریب تبدیل غذا
پروتئین	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۶*	۰/۴۹۹	۰/۰۲۳*	۰/۱۱۱	۰/۹۷۳	۰/۳۲۲
روی	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۹*	۰/۸۸۶	۰/۰۱۴*	۰/۰۲۸*	۰/۸۰۱	۰/۰۶۵
پروتئین×روی	۰/۶۰۶	۰/۹۶۱	۰/۸۹۹	۰/۹۱۰	۰/۳۹۷	۰/۹۹۶	۰/۰۱۶*

* بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<۰/۰۵$).

** بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<۰/۰۱$).

جدول۴- شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) در تیمارهای غذایی مختلف پس از ۸۳ روز پرورش

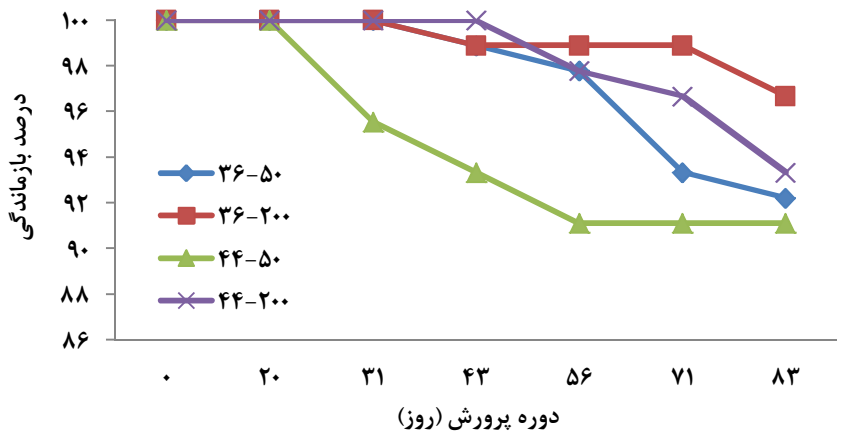
تیمار	وزن اولیه (گرم)	وزن ثانویه (گرم)	افزایش وزن (گرم)	درصد افزایش وزن	درصد رشد طولی	SGR روز/ درصد	تولید تانک/ گرم
۱(۳۶-۵۰)*	۰/۵۲±۰/۰۳^{a}	۱/۲۳±۰/۰۱^{a}	۰/۷۲±۰/۰۳^{b}	۱۳۹/۱۳±۱۱/۷۴^{b}	۳۹/۶۶±۶/۸۶^{a}	۱/۰۵±۰/۰۶^{ab}	۱۸/۵۸±۲/۱۷^{a}
۲(۳۶-۲۰۰)*	۰/۵۰±۰/۰۳^{a}	۱/۱۱±۰/۰۲^{a}	۰/۶۱±۰/۰۲^{a}	۱۲۱/۶۲±۹/۶۲ ^{a}	۳۹/۶۲±۳/۷۱^{a}	۰/۹۶±۰/۰۵^{a}	۱۸/۲۲±۱/۳۹^{a}
۳(۴۴-۵۰)*	۰/۵۱±۰/۰۳^{a}	۱/۲۴±۰/۰۹^{a}	۰/۷۹±۰/۰۶^{c}	۱۵۴/۸۸±۸/۷ ^{C}	۳۸/۲۱±۱/۹۲^{a}	۱/۱۳±۰/۰۴^{b}	۱۸/۵۳±۳/۸۷^{a}
۴(۴۴-۲۰۰)*	۰/۵۲±۰/۰۲^{a}	۱/۲۲±۰/۰۳^{a}	۰/۷۱±۰/۰۴^{b}	۱۳۷/۹۶±۱۰/۳۱ ^{b}	۳۷/۵۲±۳/۲۶^{a}	۱/۰۴±۰/۰۵^{ab}	۱۸/۱۸±۰/۷۱^{a}

*اعداد داخل پرانتز از چپ به راست به‌ترتیب درصد پروتئین و میزان روی (میلی‌گرم در گیلوگرم غذا) در جیره‌ها را نشان می‌دهد.

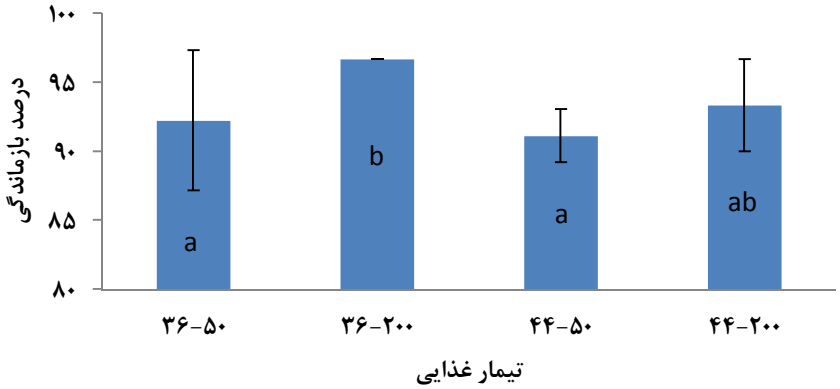
بچه ماهیان در ۲۰ روز اول دوره آزمایش تلفاتی را در تیمارهای مختلف نشان ندادند (شکل ۲) ولی پس از آن در تیمار غذایی ۳ (۵۰-۴۴) تلفات قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. روند تلفات در این تیمار تا حدود ۲ ماه از دوره پرورش تداوم پیدا کرده و سپس متوقف گردید. میزان تلفات بچه‌ماهیان در سایر تیمارهای آزمایشی پس از گذشت حدود ۲ ماه از دوره پرورش نسبتاً کم و تقریباً یکسان بود. اما بعد از آن روند کاهشی پیدا کرد به نحوی که در تیمار غذایی ۱ نسبت به تیمارهای غذایی ۲ و ۴ شدت کاهش بیشتری مشاهده گردید.

میزان بازماندگی بچه‌ماهیان در پایان دوره پرورش بین ۹۲ تا ۹۷ درصد نوسان داشت. کمترین مقدار بازماندگی (۱/۹۳±۹۱/۱۱٪) در بچه‌ماهیان تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی ۴۴ درصد پروتئین و ۰/۰۰۵٪ روی و بیشترین میزان آن (۰/۰۰±۹۶/۶۷٪) در بچه‌ماهیان تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی ۳۶٪ پروتئین و ۰/۰۲٪ روی برآورد گردید (شکل ۳). بین میانگین مقدار بازماندگی بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]



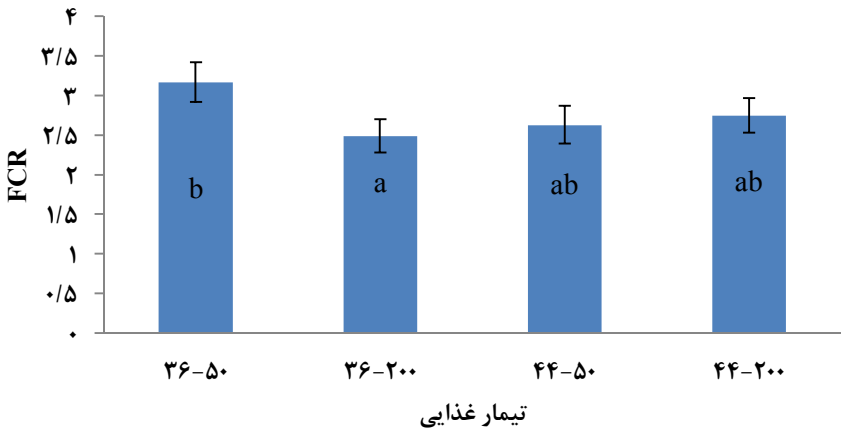
شکل ۲- تغییرات میزان ماندگاری بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) در طول دوره پرورش در تیمارهای مختلف غذایی



شکل۳ - میانگین میزان ماندگاری بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) در تیمارهای مختلف غذایی پس از ۸۳ روز پرورش

علی‌رغم تفاوت ظاهری در مقدار ضریب تبدیل غذا در تیمارهای مختلف فقط بین میانگین این شاخص در تیمارهای ۱ و ۲ به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$) و تیمار غذایی شامل ۳۶٪ پروتئین و ۰/۰۲٪ روی از ضریب تبدیل غذایی کمتری (۰/۲۱±۲/۴۹) برخوردار بود (شکل ۴).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]



شکل ۴- میانگین مقدار ضریب تبدیل غذا در تیمارهای مختلف غذایی پس از ۸۳ روز پرورش بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*)

بر اساس نتایج به‌دست آمده کمترین میزان پروتئین (۱/۵۴±۴۹/۳۴ درصد) لاشه بچه‌ماهیان مربوط به تیمار غذایی ۲ و بیشترین مقدار (۱/۰۸±۵۶/۴۵ درصد) آن مربوط به تیمار غذایی ۴ بود. بین میانگین میزان پروتئین لاشه در بچه‌ماهیانی تغذیه شده با جیره حاوی ۳۶٪ پروتئین و سطوح مختلف روی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ولی در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره واجد ۴۴٪ پروتئین میزان پروتئین لاشه در سطح ۰/۰۲٪ روی در جیره به‌طور معنی‌داری بیشتر از سطح ۰/۰۰۵٪ روی در جیره بود ($p<0/05$).

همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌گردد میزان چربی (۰/۵۵±۱۲/۷۱) بدن بچه‌ماهیان در تیمار غذایی ۳ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای غذایی بود ($p<0/05$) و کمترین مقدار (۰/۱۸±۸/۲۲) چربی در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۴۴٪ پروتئین و ۰/۰۲٪ روی برآورد گردید. نتایج نشان داد که در کل میزان فیبر بدن بچه‌ماهیان در هر سطح پروتئین جیره تحت تأثیر مقدار روی در جیره قرار گرفته است به نحوی که در سطح بالای روی در جیره (۰/۰۲٪) میزان فیبر بدن به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در سطح پایین روی در جیره (۰/۰۰۵٪) است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

جدول ۵- ترکیب بیوشیمیایی بدن بچه‌ماهیان سفید (*R. kutum*) تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پروتئین و روی.

ترکیب شیمیایی	۱ (۳۶-۵۰)*	۲(۳۶-۲۰۰) تیمار	۳ (۴۴-۵۰)	۴ (۴۴-۲۰۰)
پروتئین ٪	۵۲/۵۷±۰/۸۸^{ab}	۴۹/۳۴±۱/۵۴^{a}	۵۰/۴۶±۰/۸۲^{a}	۵۶/۴۵±۱/۰۸^{b}
چربی ٪	۱۰/۳۰±۰/۳۷^{b}	۱۰/۲۰±۰/۳۲^{b}	۱۲/۷۱±۰/۵۵^{c}	۸/۲۲±۰/۱۸^{a}
فیبر ٪	۲/۱۲±۰/۱۴^{a}	۴/۱۹±۰/۲۱^{c}	۱/۸۷±۰/۱۴^{a}	۳/۰۷±۰/۲۲^{b}
رطوبت ٪	۶۶/۶۵±۰/۹۲^{b}	۶۶/۴۲±۰/۵۹^{b}	۶۵/۵۵±۰/۷۴^{b}	۵۸/۳۷±۰/۵۱^{a}

بحث و نتیجه‌گیری

جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پروتئین و روی بر روند رشد بچه‌ماهیان سفید اثرگذار بوده و تأثیر آنها از ماه دوم دوره آزمایش هویدا گردید. این وضعیت می‌تواند به‌دلیل اهمیت حداقل زمان مورد نیاز (حدود ۳-۴ هفته) جهت بروز اثرات جیره بر رشد در آزمایش‌های تغذیه‌ای باشد. پس از گذشت یک ماه از دوره پرورش بچه‌ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی پروتئین بالاتر و روی کمتر رشد بیشتری را نشان دادند به‌طوری که بیشترین مقدار افزایش وزن، درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه بچه‌ماهیان مربوط به تیمار غذایی دارای ۴۴ درصد پروتئین و ۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم غذا بوده است. معمولاً ماهیان در مرحله بچه‌ماهی به میزان پروتئین بالاتری نیاز دارند (NRC,1993) و لذا با افزایش مقدار پروتئین در جیره رشد بچه‌ماهیان سفید افزایش نشان داد که چنین نتیجه‌ای توسط سایر محققین در خصوص گونه‌های دیگر ماهیان نیز گزارش شده است (Tabachek, 1986; DeBorba *et al*., 2003; Siddiqui and Khan, 2009; Jindal *et al*., 2010).

اگرچه کاربرد مقادیر مختلف روی در جیره ماهیانی مانند تیلاپیای آبی (*Oreochromis aureus*) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) هیچ تأثیری بر رشد آنها نداشت (McClain and Gatlin, 1988; Maage *et al*., 2001)، ولی براساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق رشد بهتری در بچه‌ماهیان سفید تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ۵۰ mg/kg روی در غذا مشاهده گردید که این پدیده حاکی از نیاز این ماهی به عنصر روی است، زیرا وجود عنصر روی در جیره جهت حفظ سلامت و ارتقاء رشد ماهیان مفید است (Watanabe *et al*., 1997; Li and Huang, 2016). البته ماهی‌ها تا حدودی توانایی جذب عنصر روی از آب را دارند ولی بخش عمده روی مورد نیاز آن‌ها از طریق جیره تأمین می‌شود (Willis and Sunda, 1984; Spry *et al*., 1988; Schlenk and Benson, 2001). پاسخ مشابهی در بچه‌ماهیان گروپر (*Ephenephelus malabaricus*) تغذیه شده با سطوح مختلف روی (۵۰ mg/kg-۱۰) گزارش شد (Chen *et al*., 2014). به‌طوری‌که استفاده از جیره‌های حاوی ۳۶-۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم غذا عملکرد رشد بهتری را در آن‌ها فراهم ساخت. کاهش رشد در بچه‌ماهیان سفید تغذیه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

شده با روی بیشتر (۲۰۰ mg/kg) شاید به‌علت اثرات نـامطلوب روی بـیش از حـد اتفـاق افتـاده باشـد. کـاهش رشـد، متـأثر از وجـود مقـادیر بـالای روی در جیـره (≥۱۸۹mg/kg) در هیبریـد تیلاپیـا (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*) نیز گزارش شده است (Li and Huang, 2016). به‌علاوه نتایج مطالعات بعضی از محققین (Sherwood *et al*., 2000; Ali *et al*., 2003; More *et al*., 2003; Meyer *et al*., 2005; Hayat *et al*., 2007) اثرات زیان آور مقادیر بیش از حد عنصر روی در جیره را بر عملکرد رشد ماهیان تأیید کرده است. از طرفی سطوح بالای روی در جیره می‌تواند بر وضعیت سـایر عناصـر در بدن نظیر آهن اثرات منفی داشته باشد (Wekell *et al*., 1986) و مقادیر خیلی زیاد آن (۱۰۰۰ mg/kg غذا) بر مبنای شاخص‌های فیزیولوژیک نظیر سطح هماتوکریت و هموگلوبین خون ممکن است سـلامت ماهیانی مانند قزل‌آلا را به خطر بیاندازد (Knox *et al*., 1984).

در این آزمایش دامنه تغییرات نرخ رشد ویژه بین ۰/۹۶ تا ۱/۱۳ درصـد در روز بـرآورد شـد کـه بـا نتایج به‌دست آمده در مطالعه انجام‌شده توسط نویریـان و همکـاران (Navirian *et al*., 2011)، ۰/۷۸ – ۱/۱۳ در صد در روز مشابهت دارد در حالی‌که مقدار این شاخص توسط محققین دیگـر ماننـد اکرمـی و همکاران (Akrami *et al*., 2009) و غلام‌پور و همکاران (Enayat Gholampoor *et al*., 2011) به‌ترتیب ۱/۲۸– ۱/۴۲ و ۲/۶ – ۳/۱۷ درصد در روز گزارش شد. تفاوت در میزان نرخ رشد ویژه می‌تواند ناشـی از تفـاوت در انـدازه ماهیـان مـورد اسـتفاده، کمیـت و کیفیـت غـذای بکـار رفتـه و شـرایط محیطـی علی‌الخصوص دما باشد. دمای آب محیط پرورش در مطالعه حاضر حدود ۲۰ درجـه سـانتی‌گراد بـود در حالی‌که مقدار آن در مطالعه محققین ذکرشده ۲۴- ۲۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شـد. براسـاس نتـایج حاصل از مطالعه احمدیان و همکاران (Ahmadian *et al*., 2015) دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای رشد بچه‌ماهی سفید مناسب‌تر است.

میزان تلفات بچه‌ماهیان در جیره‌های غذایی حاوی میزان روی کمتر در طـول دوره پـرورش نسـبتاً شدیدتر بود و در پایان دوره آزمایش بیشترین میزان ماندگاری در بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیـره‌هـای دارای میزان روی بیشتر مشاهده گردید. با مقایسه داده‌هـای مربـوط بـه پارامترهـای رشـد و داده‌هـای بازماندگی بچه‌ماهیان می‌توان دریافت که افزایش رشد در حیوانات آزمایشی در تیمارهای غذایی ۳ و ۱ با کاهش میزان بازماندگی همراه بوده و این پدیده می‌تواند در اثر کاهش تـراکم در واحـد حجـم اتفـاق افتاده باشد. به‌علاوه به‌نظر می‌رسد افزایش تلفات در بچه‌ماهیان بـه میـزان پـروتئین در جیـره مربـوط نبوده بلکه از عدم کفایت میزان روی در دسترس برای آنها نشأت گرفته باشـد. نتـایج تحقیقـات انجـام شده نشان داده‌اند که کمبود روی در جیره بر سلامت و ماندگاری ماهیان اثرات منفی برجـای گذاشـته (Ogino and Yang, 1978, 1979 ; Wekell *et al*., 1983) و همچنـین حساسـیت ماهیـان در مقابـل بیماری‌ها را افزایش می‌دهد (More *et al*., 2003). لی و هوانگ (Li and Huang, 2016) گزارش کردند

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

که افزایش میزان روی در جیره تا حدود ۱۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا سبب بهبود بازماندگی هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*) گردیده است. اضافه کردن روی به جیره گربه‌ماهی نیز موجب کاهش تلفات گردید (Gatlin and Wilson, 1983) که علت این کاهش تلفات به فقدان عفونت‌های باکتریایی یا سایر عوامل مضر محیطی در تیمارهای غذایی واجد روی نسبت داده شد. در برخی از مطالعات نیز رابطه‌ای بین مقدار روی در جیره و بازماندگی ماهی به‌دست نیامد (Chen *et al*., 2014).

میزان ضریب تبدیل غذا فقط در بین تیمارهای غذایی ۱ و ۲ تفاوت قابل ملاحظه و معنی‌داری را نشان داد و جیره حاوی ۳۶٪ پروتئین و ۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم از کارآیی تبدیل غذای نسبتاً پایین‌تری برخوردار بود. باتوجه به یکسان بودن مقدار تولید ماهی در کلیه تیمارها در پایان دوره پرورش این وضعیت احتمالاً ناشی از نحوه محاسبه FCR و مصرف غذای بیشتر توسط بچه‌ماهیان مربوطه جهت تأمین پروتئین و روی مورد نیاز بدن باشد، زیرا وقتی‌که ماهی‌ها جیره‌های حاوی پروتئین و انرژی کمتر از میزان مورد نیاز خود را تغذیه می‌کنند، مصرف غذا را افزایش داده تا پروتئین و انرژی لازم برای رشد و متابولیسم را تأمین نمایند (Amoah, 2012). لذا محاسبه دقیق‌تر میزان غذای خورده شده برای دست‌یابی به مقادیر واقعی FCR بسیار مهم می‌باشد که البته محاسبه مقدار دقیق FCR برای مرحله بچه‌ماهی به‌دلیل دشوار بودن جداسازی فضولات از غذای باقیمانده سخت خواهد بود. از طرفی وجود مقدار زیاد روی در تیمار غذایی ۲ و اثرات منفی احتمالی آن بر تغذیه بچه‌ماهیان، باعث شده تا مصرف غذا کاهش یابد (James *et al*., 2003; Sherwood *et al*., 2000). کاهش تغذیه در ماهی کپور معمولی (DeBoeck *et al*., 1997) و ماهی سوف *Perca flaviatilis* (Collvin, 1985) نیز در اثر مسمومیت با فلزاتی نظیر روی مشاهده شده است.

دامنه FCR برای اغلب ماهیان تجاری پرورشی بین ۱-۲ گزارش شده است (Johnston and Johnston, 2002; Amoah, 2012)، اما میزان FCR در طی این آزمایش در محدوده بین ۲/۴۹ تا ۳/۱۷ به‌دست آمد. در بعضی از مطالعات انجام شده در مورد تغذیه بچه‌ماهی سفید مقدار FCR بالاتر از این مقدار و در برخی نیز پایین‌تر از آن بیان گردید. عوامل متعددی مانند شرایط محیط و سیستم پرورش، اندازه و تراکم بچه‌ماهیان و همچنین نوع و میزان غذادهی می‌توانند در بروز این تفاوت دخیل باشند. در هر حال برای کاهش FCR و تهیه غذای مناسب برای بچه‌ماهی سفید مطالعه بیشتر در مورد بهینه سازی شرایط محیط پرورش و خصوصیات غذا ضرورت دارد.

براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه مقدار پروتئین بدن بچه‌ماهیان سفید با افزایش سطح پروتئین در جیره افزایش پیدا کرد (جدول ۵) که این نتیجه با یافته‌های نویریان و همکاران (Navirian *et al*., 2005) و همچنین سایر محققین (Ruohonen *et al*., 1999; DeBorba *et al*., 2003; Siddiqui

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

and Khan, 2009) مشابهت دارد. میزان پروتئین و چربی بدن در بچه‌ماهیان تغذیه‌شده از جیره حاوی ۳۶٪ پروتئین و سطوح مختلف روی یکسان ولی میزان این شاخص‌ها در سطح پروتئین ۴۴٪ و مقادیر مختلف روی در جیره متفاوت بود و بچه ماهیان در تیمار غذایی ۴ نسبت به بچه ماهیان تیمار غذایی ۳ از محتوای پروتئین بدن بیشتر و چربی کمتر برخوردار بودند. یافته‌های لی و هوانگ (Li and Huang, 2016) نشان داد که با افزایش مقدار روی در جیره محتوای رطوبت بدن هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*) افزایش یافته ولی از میزان پروتئین، چربی و خاکستر بدن کاسته شد. اسکارف و همکاران (Scarfe *et al*., 1982) دریافتند که وجود مقدار بالای فلزاتی مانند روی در جیره به‌عنوان محرک فیزیکی برای بسیاری از بافت‌های خارجی عمل کرده و موجب افزایش فعالیت و نرخ متابولیسم در ماهی می‌شوند، لذا کاهش چربی بدن بچه‌ماهیان سفید ممکن است در اثر مصرف آن به خاطر افزایش فعالیت بچه‌ماهیان باشد.

براساس نتایج این تحقیق به‌نظر می‌رسد که لحاظ‌کردن مقدار پروتئین ۴۴٪ و ۵۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم غذای بچه‌ماهیان سفید برای رشد آنها مناسب‌تر است. البته ضرورت دارد مطالعات کامل‌تری در این زمینه صورت گرفته و مقدار مطلوب پروتئین و روی در جیره این ماهی در سنین مختلف تعیین گردد.

منابع

Abbasi K., Moradi M., Abdolmalaki S., Parafkandeh F., Keymaram F., Mahisafat F. 2014. Final project report: Investigation of biological status of Kutum fish fingerlings released to Sefidroud river. Iran Fishery Sciences Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Centre, Guilan, Iran. 180P. (In Persian).

Abdolhay H., Siti Khalijah D., Pourkazemi M., Siti Shapor D., Rezvani S., Abdul Satar M.K., Hosseinzadeh Sahafi H. 2010. Morphometrics studies of Mahisefid (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901) from selected rivers in southern Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 9(1): 1-18.

Ahmadian E., Malekzadeh Viayeh R., Zahmatkesh A. 2015. Caspian whitefish (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901) a potential aquaculture candidate: study on the cumulative effects of salinity and temperature on culture performance. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14(3): 623-633.

Akpinar Z., Sevgili H., Ozgen T., Demir A., Emre Y. 2012. Dietary protein requirement of juvenile shi drum, *Umbrina cirrosa* (L). Aquaculture Nutrition Research, 43(3): 421-429.

Akrami R., Karimabadi A., Mohammadzadeh H., Ahmadifar E. 2009. Effect of Mananoligosacaride probiotic on growth, survival, body composition and risistance to expoasure of salinity of juvenile Caspian Sea Kutum (*Rutilus frisii*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

kutum). Journal of Marine Sciences and Technology, 8(3&4): 47-57. (In Persian).

Ali A., Al-Ogaily S.M., Al-Asgah N.A., Gropp J. 2003. Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Ichthyolology, 19: 183–188.

Amoah Y.T. 2012. Effect of dietary protein levels on growth and protein utilization in juvenile arctic char (*Salvinus alpinus*). United Nations University Fisheries Training Programme, [final project]. Iceland.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Fifth edition. Arlington, Virginia, USA.

Chen H.Y., Cheng Y.C., Hu L.C., Chen M.H. 2014. Dietary zinc requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, 462: 360-364.

Cho C.Y, Cowey C.B., Watanabe T. 1985. Finfish nutrition in Asia. Method of Biological Approaches to Research and Development, Ottawa. DRC. Japan. 134 P.

Collvin L. 1985. The effect of copper on growth, food consumption and food conversion of Perch, *Perca fluviatilis* L. offered maximal food rations. Aquatic Toxicology, 6: 105–113.

Craig S., Helfrich L. 2009. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding. Publication in College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA. 4 P.

DeBoeck G., Vlaeminck A., Blust R. 1997. Effect of sub-lethal copper exposure on copper accumulation, food consumption, growth, energy stores and nucleic acid content in common carp. Archives of Environental Contamminant Toxicology, 33: 415–422.

DeBorba M.R., Fracalossi D.M., Pezzato L.E., Menoyo D., Bautista J.M. 2003. Growth, lipogenesis and body composition of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings fed different dietary protein and lipid concentrations. Aquatic Living Resources, 16: 362–369.

Enayat Gholampoor T., Imanpoor M.R., Hosseini S.A., Shabanpoor B. 2011. Effect of different levels of salinity on growth indices, survival rate, food consumption and blood parameters in *Rutilus frisii kutum* (kamensky, 1901) fingerlings. Iranian Journal of Biology, 24(4): 539-549. (In Persian).

Gatlin D.M., Wilson R.P. 1983. Dietary zinc requirement of fingerling channel catfish. Journal of Nutrition, 113: 630-635.

Goddard S. 1984. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman & Hall. 194 P.

Hayat S., Javed M., Razzaq S. 2007. Growth performance of metal stressed major carps viz. *Catla catal*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala* reared under semi-intensive culture system. Pakistan Veterinary Journal, 27: 8–12.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

Hopkins D.K. 1992. Reporting of fish growth: A review of the basics. Journal of Word Aquaculture Society, 23(3): 173- 179.

James R., Sampath K., Edward D.S. 2003. Copper toxicity, growth and reproductive potential in an ornamental fish, *Xiphophorus helleri*. Asian Fisheries Science, 16: 317–326.

Jindal M., Yadava N.K., Jain K.L., Gupta R.K. 2010. Effect of Two Dietary Protein Levels on Body Weight and Composition in *Channa punctatus* (Bloch.) figerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 203-208.

Johnston G., Johnston W.G. 2002. Arctic Char Aquaculture. 1st edition, Wiley-Blackwell. 288 P.

Kaushik S.J., Doudet T., Médale F., Aguirre P., Blanc D. 1995. Protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Applied Ichthyology, 11: 290-296.

Knox D., Cowey C.B., Adron J.W. 1984. Effects of dietary zinc intake upon copper metabolism in rainbow trout (*Salmo gaidneri*). Aquaculture, 40: 199-207.

Li M.R., Huang C.H. 2016. Effect of dietary zinc level on growth, enzyme activity and body trace elements of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*×*O. aureus*, fed soya bean meal-based diets. Aquaculture Nutrition, 22(6): 1320-1327.

Liang J.J.,Yang H.J., LiuY.J., Tian L.X., Liang G.Y. 2012. Dietary zinc requirement of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) based on growth and mineralization. Aquaculture, 15: 380-387.

Navirian H., Mostafazadeh S., Toloei M.H. 2005. The effects of different protein levels on growth indices of juvenile Caspian frisii Kutum (*Rutilus frisii kutum*, Kamenskii, 1901) by using of a semi-purified diet. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 68: 61-68. (In Persian).

Navirian H., Sotohian F., Mostafazadeh S. 2011. The effect of different levels of natural Zeolite on growth indices of juvenile Caspian frisii Kutum (*Rutilus frisii kutum*, Kamenskii, 1901). Iranian Journal of Biology, 24(1): 155-161. (In Persian).

Navirian H., Zahmatkesh A., Zamani H., Ghanaatparast A. 2007. Determination of optimum level of vitamin premix in Caspian Sea Kutum (*Rutilus frisii kutum*, Kamenskii, 1901) fingerling diet. Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 79: 166-173. (In Persian).

Maage A., Julshamn K., Berg G.E. 2001. Zinc gluconate and zinc sulphate as dietary zinc sources for Atlantic salmon. Aquaculture Nutrition, 7: 183-187.

McClain W.R., Gatlin D.M. 1988. Dietary zinc requirement of *Oreochromis aureus* and effects of dietary calcium and phytate on zinc bioavailability. Journal of World Aquaculture Society, 19: 103-108.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

Meyer J.S., Adams W.J., Brix K.V., Luoma S.N., Mount D.R., Stubblefield W.A., Wood C.M. 2005. Toxicity of Diet-borne Metals to Aquatic Organisms, SETAC Press, Pensacola. 329 P.

Mohseni M., Pourkazemi M., Hosseni M.R., Mir Hamed S., Hassani M.H.S., Bai S.C. 2013. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). Aquaculture Research, 44(3): 378-387.

More T., Rajput R.A., Bandela N.N. 2003. Impact of heavy metals on DNA content in the whole body of fresh water bivalve, *Lamelleinden marginalis*. Environment Science Pollution Research, 22: 605-615.

Ng W.k., Romano N. 2013. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughoutthe culture cycle. Review in Aquaculture, 5: 220-254.

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington D.C., USA.

Ogino C., Yang G.Y. 1978. Requirement of rainbow trout for dietary zinc. Bulletin of Japan Society. Science Fisheries, 44: 1015-1018.

Ogino C., Yang G.Y. 1979. Requirement of carp for dietary zinc. Bulletin of Japan Society, Science Fisheries, 45: 967-969.

Park C.W., Shimizu C. 1989. Suitable level of zinc supplementation to the formulated diets in young eel. Bulletin of Japon Society, Science Fisheries, 55: 2137-2141.

Razavi B. 1992. Biology of Kutum Fish. Iran Fisheries Research Organization, Tehran, Iran, pp: 4-24. (In Persian).

Ruohonen K., Vielma J., Grove D.J. 1999. Low-protein supplement increases protein retention and reduces the amounts of nitrogen and phosphorus wasted by rainbow trout fed on low-fat herring. Aquaculture Nutrition, 5: 83-91.

Scarfe A.D., Jones K.A., Steele C.W., Kleerekoper H., Corbett M. 1982. Locomotor behavior of four marine teleosts in response to sublethal copper exposure. Aquatic Toxicology, 2: 335-342.

Schlenk D., Benson W.H. 2001. Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. 1st edition, CRC Press. 224 P.

Sherwood G.D., Rasmussen J.B., Rowan D.J., Brodeur J., Hontela A. 2000. Bioenergetic costs of heavy metal exposure in yellow perch (*Perca flavescens*): in situ estimates with a radiotracer technique. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 57: 441-450.

Shiau S.Y., Jiang L.C. 2006. Dietary zinc requirement of grass shrimp, *Penaeus monodon,* and effects on immune responses. Aquaculture, 30: 71-83.

Siddiqui T.Q., Khan M.A. 2009. Effects of dietary protein levels on growth, feed utilization, protein retention efficiency and body composition of young *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Fish Physiology Biochemistry, 5: 479-488.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

Spry D.J., Hodson P.V., Wood C.M. 1988. Relative contributions of dietary and waterborne zinc in rainbow trout (*Salmo gairdner*i). Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences, 45: 32-41.

Tabachek J.L. 1986. Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Journal of Fish Biology, 29:139-151.

Watanabe T., Kiron V., Satoh S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. Aquaculture, 151: 185-207.

Wekell J.C. Shearer K.D., Gauglitz Jr., E.J. 1986. Zinc supplementation of rainbow trout diets: Tissue indicators of body zinc status. Progress in Fish Culture, 48: 205-212.

Wekell J.C. Shearer K.D., Houle C.R. 1983. High zinc supplementation of rainbow trout diets. Progress in Fish Culture, 45: 144-147.

Willis N.J., Sunda W.G. 1984.Relative contributions of food and water in the accumulation of zinc by two species of marine fish. Marine Biology, 80: 273-279.

Yun B., Yu X., Min Xue M., Liu Y., Wang J., Wu X., Han F., Liang X. 2015. Effects of dietary protein levels on the long-term growth response and fitting growth models of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). Animal Nutrition, 1: 70-76.

Zhang J., Zhou F., Wang L., Shao Q., Xu Z. 2010. Dietary Protein Requirement of Juvenile Black Sea Bream, *Sparus macrocephalus*. Journal of the World Aquaculture Society, 41(52): 151-164.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-17]