

# استفاده از پودر شفیره کرم ابریشم به عنوان منبع پروتئینی در جیره غذایی قزل آلا

## رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

متین شکوری<sup>۱\*</sup>، میثم عرفانی<sup>۲</sup>، رحیمه رحمتی<sup>۳</sup> و حامد قلی پور<sup>۴</sup>

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، فرح آباد، ایران،

صندوق پستی ۹۶۱

۲- مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تنکابن

۳- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده علوم دامی و شیلات، گروه علوم دامی، ساری

\*[matin.shakoori@yahoo.com](mailto:matin.shakoori@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۸

### چکیده

پودر شفیره کرم ابریشم به عنوان یک محصول فرعی پس از جدا کردن رشته‌های ابریشم از پيله به دست می‌آید. این پودر می‌تواند به دلیل ساختار اسید آمینه آن به عنوان یک منبع پروتئینی مناسب برای حیوانات خشکی‌زی و آبریان مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق اثرات جیره‌های دارای سطوح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پودر شفیره کرم ابریشم به جای آرد ماهی بر عملکرد رشد ماهی قزل آلا رنگین کمان در یک طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۳۶۰ قطعه بچه ماهی با میانگین وزنی  $42 \pm 3$  گرم در ۴ تیمار و ۳ تکرار و در هر تکرار ۳۰ قطعه بچه ماهی به مدت ۶۰ روز بررسی شد. در پایان دوره آزمایش، بررسی‌های آماری حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار در طول کل، وزن نهایی، شاخص وضعیت، ضریب تبدیل غذایی و کارایی پروتئین بین تیمارها بود ( $P > 0.05$ ). ضریب رشد ویژه و رسوب پروتئین در بدن در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند ( $P < 0.05$ ). یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که پودر شفیره کرم ابریشم تا میزان ۱۵ درصد می‌تواند جایگزین آرد ماهی در جیره غذایی قزل آلا رنگین کمان شود بدون آنکه اثر سوئی بر عملکرد رشد داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پودر شفیره کرم ابریشم، شاخص وضعیت، ضریب تبدیل غذایی، عملکرد رشد، قزل آلا رنگین کمان

## مقدمه

ماهی قزل آلاي رنگين کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی در ایران و جهان به شمار می‌رود و بخش عمده‌ای از آبی پروری ایران را به خود اختصاص داده، بطوری‌که در سالنامه آماری (۱۳۹۸) میزان تولید آن حدود ۱۷۵ هزار تن گزارش شده است. در دنیا میزان تولید قزل آلاي رنگين کمان در صنعت آبی پروری به‌طور چشم‌گیری از سال ۱۹۵۰ افزایش یافته و میزان تولیدات آن به حدود ۸۱۴ هزار تن در سال ۲۰۱۴ رسیده است (FAO, 2018). یکی از دلایل تولید و مصرف آبیان و بخصوص ماهی قزل آلاي رنگين کمان در دنیا وجود ترکیبات تغذیه‌ای ضروری و مقادیر بالایی اسیدهای چرب غیر اشباع از نوع امگا-۳ است (Yildiz, 2004). آرد ماهی منبع خوراکی مهمی است که دارای ارزش تغذیه‌ای قابل توجه‌ای از نظر میزان پروتئین، انرژی، مواد معدنی و ویتامین‌ها برای دام، طیور و ماهی پرورشی می‌باشد (NRC, 1993). آرد ماهی ۴۰ تا ۷۰ درصد از کل هزینه‌های تغذیه و غذادهی در آبیان پرورشی را تشکیل می‌دهد (Henry et al., 2015) و با توجه به امکان مصرف انسانی برخی از این نوع ماهی (مانند کیلکا ماهیان) و همچنین هزینه بالای تامین آرد ماهی، مطالعات بسیاری در خصوص جایگزینی سایر فرآورده‌های پروتئینی به‌جای آرد ماهی در جیره غذایی آبیان انجام شده است (Zhang et al., 2015; Ji et al., 2017; Ayoola, 2010). همچنین در داخل کشور، پژوهش‌هایی مبنی بر جایگزینی آرد ماهی با پودر سویا (حق بیان و همکاران، ۱۳۹۴)، جایگزینی آرد ماهی با پودر کرم خاکی (علامه و همکاران، ۱۳۹۴) و غیره نیز صورت گرفته است. شفیره کرم ابریشم یک خوراک پروتئینی غیرمتداول و جایگزین قسمتی از آرد ماهی برای حیوانات خشکی‌زی و آبیان است که به‌عنوان یک محصول فرعی پس از جدا کردن رشته‌های ابریشم از پيله بدست می‌آید (Joachim, 2002). متداولترین گونه تولید تجاری ابریشم، کرم ابریشم درخت توت "*Bombyx mori*" است. کرم پروانه ابریشم عمدتاً از برگ‌های درخت توت سفید "*Morus alba*" از خانواده Moraceae که متداولترین نوع درخت توت است تغذیه می‌کند. قبل از باز شدن رشته‌های ابریشم، پيله را حرارت می‌دهند تا شفیره آن کشته شود (Zhou et al., 2017). پس از جدا شدن نخ ابریشم، شفیره باقیمانده خشک و سپس آسیاب می‌شود و می‌توان با استفاده از یک مایع حلال چربی آنرا استخراج نمود. شفیره کرم ابریشم قسمت مهم پيله است که ۸۰ درصد وزن تازه پيله و ۵۰ درصد وزن خشک آن را شامل می‌شود (Whilloughby, 1999). پیشینه استفاده از حشرات به‌عنوان مکمل غذای آبیان به ۲۵۰۰ سال پیش می‌رسد و نتایج مطالعات موجب شده است تا در دسامبر ۲۰۱۶ کمیسیون اتحادیه اروپا موافقت خود را برای استفاده از پروتئین‌های مشتق شده از حشرات برای تهیه خوراک آبیان اعلام کند (ارباب، ۱۳۹۸). محققین گونه‌های مختلف حشرات را برای جایگزینی با آرد ماهی در جیره غذایی آبیان بررسی نمودند (Nandeesh et al., 2000; Ogunji et al., 2008; Barroso et al., 2014). سال ۱۳۹۷، میزان ۹۸۰ تن شفیره کرم ابریشم در کشور تولید شد که استان گیلان با ۴۳ درصد

از این مقدار، رتبه اول را به دست آورد. با توجه به اهمیت شناسایی منابع خوراکی جدید و استفاده از آن‌ها در تغذیه ماهی و از آنجا که ۶۰-۵۰ درصد ترکیب شفییره کرم ابریشم را پروتئین تشکیل می‌دهد (Ravindran and Blair, 1993)، مقاله حاضر امکان استفاده از درصد‌های مختلف پودر شفییره کرم ابریشم به عنوان یک ماده خوراکی پروتئینی و قابل مقایسه با آرد ماهی در جیره غذایی قزل آلاي رنگین کمان را مورد بررسی قرار می‌دهد.

## مواد و روش کار

### آماده‌سازی تیمارهای آزمایشی

در تحقیق حاضر تعداد ۳۶۰ قطعه بچه ماهی قزل آلاي رنگین کمان با میانگین وزنی  $55 \pm 3/42$  گرم در ۴ تیمار و ۳ تکرار و در هر تکرار ۳۰ قطعه بچه ماهی به مدت ۶۰ روز مورد بررسی قرار گرفتند. سطوح جایگزینی پودر شفییره کرم ابریشم به جای آرد ماهی صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در نظر گرفته شد. کاهش تدریجی آرد ماهی و متقابلاً افزایش تدریجی پودر شفییره کرم ابریشم در تیمارهای مورد آزمایش، سهم آرد ماهی در تامین پروتئین جیره را کاهش و سهم پودر شفییره کرم ابریشم را افزایش داد. مواد اولیه جیره های آزمایشی مورد استفاده به شرح جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- درصد ترکیب مواد اولیه تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی

| مواد خوراکی (درصد)     | جیره ۱ (شاهد) | جیره ۲ | جیره ۳ | جیره ۴ |
|------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| آرد ذرت                | ۱۰/۵          | ۱۲/۴   | ۱۴/۳۵  | ۱۶/۳   |
| آرد سویا               | ۲۰            | ۲۰/۵   | ۲۱     | ۲۱/۵   |
| آرد ماهی               | ۵۲/۵          | ۴۷/۵   | ۴۲/۵   | ۳۷/۵   |
| پودر شفییره کرم ابریشم | ۰             | ۵      | ۱۰     | ۱۵     |
| روغن سویا              | ۱۲            | ۹/۶    | ۷/۱۵   | ۴/۷    |
| مکمل ویتامینی          | ۱             | ۱      | ۱      | ۱      |
| مکمل معدنی             | ۱             | ۱      | ۱      | ۱      |
| لسیتین                 | ۱/۵           | ۱/۵    | ۱/۵    | ۱/۵    |
| سایر افزودنی‌ها        | ۱/۵           | ۱/۵    | ۱/۵    | ۱/۵    |
| جمع                    | ۱۰۰           | ۱۰۰    | ۱۰۰    | ۱۰۰    |

### ساخت جیره‌های آزمایشی

پس از تعیین درصد اجزای غذایی مورد نیاز، مواد اولیه مورد استفاده آسیاب و از الک ۵۰۰ میکرونی عبور داده شدند سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. توزین موادی مانند آنتی‌اکسیدان که مصرف آن‌ها در حد گرم بود به وسیله ترازوی حساس آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم انجام و توسط مخلوط‌کن کاملاً همگن شد و سپس روغن و در نهایت آب با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد جهت تامین رطوبت لازم و شکل پذیری به مخلوط اضافه گردید. هم زدن مخلوط حدود ۳۰

دقیقه ادامه یافت و پس از آزمایش شکل پذیری آن‌ها به وسیله دست، با استفاده از دستگاه پلت‌ساز، به صورت پلت‌هایی با قطر متوسط ۳/۵ میلی‌متر درآمد. به‌منظور تسریع در خشک شدن، پلت‌های غذایی در سالن با دمای حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد بر روی صفحات چوبی پخش شدند (نفیسی بهابادی و همکاران، ۱۳۸۰). با توجه به طول دوره پرورش، تعداد و وزن اولیه ماهی‌ها و وزن نهایی پیش‌بینی شده در پایان دوره آزمایش (حدود ۱۵۰ گرم) برای هر یک از تیمارها ۸/۵ کیلوگرم و در مجموع ۳۴ کیلوگرم خوراک تهیه گردید. تغذیه بچه‌ماهیان در ابتدای دوره آزمایش به مدت ۷ روز جهت آداپتاسیون با غذای تجاری و بعد از آن با جیره‌های آزمایشی طی ۴ وعده در روز (بر حسب درصد وزن بدن) انجام شد. جهت بررسی عملکرد رشد بچه‌ماهیان، زیست‌سنجی هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. میانگین وزن ماهی‌های هر تکرار نیز مبنای محاسبه غذای مصرفی قرار گرفت. شاخص‌های بیولوژی بر اساس مدل‌های زیر محاسبه شد (Biswas, 1993; Shepherd and Bromage, 1992; Hevroy et al., 2005).

ضریب چاقی:

$$CF = (W_t / L^3) \times 100$$

$W_t$  = وزن نهایی (گرم)

$L$  = طول کل (سانتی‌متر)

ضریب تبدیل غذایی:

$$FCR = F / (W_t - W_i)$$

$F$  = مقدار غذای مصرف شده توسط ماهی (گرم)

$W_t - W_i$  = افزایش وزن بدن (گرم)

ضریب رشد ویژه:

$$SGR (day) = \{(\ln W_t - \ln W_i) / t\} \times 100$$

$\ln W_t$  = لگاریتم وزن نهایی (گرم)

$\ln W_i$  = لگاریتم وزن اولیه (گرم)

$T$  = تعداد روزهای آزمایش

نسبت کارایی پروتئین:

$$PER = (W_t - W_i) / \text{Protein intake}$$

$W_t - W_i$  = افزایش وزن بدن (گرم)

protein intake = کل پروتئین مصرفی هر ماهی (گرم)

رسوب پروتئین در بدن:

$$NPU = (\text{Protein gain in fish} / \text{Protein intake in food}) \times 100$$

Protein gain = افزایش پروتئین بدن (گرم)

protein intake = کل پروتئین مصرفی (گرم)

## تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS 16 و آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) استفاده گردید. با توجه به اختلاف بین تیمارهای مختلف، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد ( $P < 0.05$ ).

## نتایج و بحث

نتایج حاصل از عملکرد رشد بچه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف پودر سفیره کرم ابریشم به جای آرد ماهی در جدول ۲ آمده است. در پایان دوره آزمایش، از نظر وزن نهایی، طول کل، ضریب تبدیل غذایی و کارایی پروتئین تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی دیده نشد ( $P > 0.05$ ). ضریب رشد ویژه و رسوب پروتئین در بدن در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند ( $P < 0.05$ ).

جدول ۲- میانگین تغییرات فاکتورهای رشد (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) بچه ماهیان در پایان دوره آزمایش

| فاکتورها         | تیمار ۱ (شاهد)      | تیمار ۲             | تیمار ۳               | تیمار ۴             |
|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| طول (سانتی متر)  | $23/53 \pm 0/48^a$  | $23/87 \pm 0/03^a$  | $23/86 \pm 0/24^a$    | $23/60 \pm 0/22^a$  |
| وزن (گرم)        | $144/97 \pm 7/64^a$ | $151/12 \pm 1/91^a$ | $149/89 \pm 3/67^a$   | $145/97 \pm 3/54^a$ |
| شاخص وضعیت       | $0/914 \pm 0/04^a$  | $0/909 \pm 0/01^a$  | $0/910 \pm 0/02^a$    | $0/911 \pm 0/01^a$  |
| ضریب تبدیل غذایی | $0/820 \pm 0/02^a$  | $0/853 \pm 0/06^a$  | $0/836 \pm 0/04^a$    | $0/901 \pm 0/05^a$  |
| ضریب رشد ویژه    | $0/211 \pm 0/01^a$  | $0/187 \pm 0/00^b$  | $0/202 \pm 0/02^{ab}$ | $0/191 \pm 0/03^b$  |
| کارایی پروتئین   | $1/98 \pm 0/10^a$   | $2/00 \pm 0/13^a$   | $1/98 \pm 0/09^a$     | $1/86 \pm 0/11^a$   |
| رسوب پروتئین     | $0/94 \pm 0/05^a$   | $0/85 \pm 0/06^b$   | $0/88 \pm 0/04^{ab}$  | $0/85 \pm 0/03^b$   |

در هر ستون میانگین‌هایی که فاقد حرف مشترک می‌باشند، نسبت به هم دارای اختلاف معنی داری هستند ( $P < 0.05$ ).

بچه ماهیان مورد آزمایش در این تحقیق از وزن اولیه  $55 \pm 3/42$  گرم در تیمارهای آزمایشی ۱ تا ۴ به ترتیب به وزن نهایی  $145/0$ ،  $151/1$ ،  $149/9$  و  $146/0$  گرم رسیدند. در ابتدای آزمایش، تیمارها وزن مشابهی داشتند و در پایان دوره آزمایش نیز وزن نهایی ماهی‌ها نزدیک به هم بود و از لحاظ آماری اختلاف معنی دار بین آن‌ها مشاهده نشد. پس احتمالاً پودر سفیره کرم ابریشم تاثیر چندانی بر افزایش مصرف خوراک در تیمارهای آزمایشی نداشت. Nandeesh و همکاران (۲۰۰۰) از پودر سفیره کرم ابریشم تا ۵۰ درصد جایگزین با آرد ماهی در جیره غذایی کپور معمولی استفاده و تفاوتی در وزن نهایی مشاهده نکردند. نتایج تحقیقات دیگری که از پودر سفیره کرم ابریشم به جای آرد ماهی استفاده کردند، در عملکرد رشد و ضریب تبدیل نهایی نتایج مشابهی با آزمایش حاضر گزارش شد (Rahman et al., 1997). شاخص وضعیت منعکس کننده شرایط تغذیه‌ای ماهی است که در تحقیق حاضر محدوده تغییرات آن در تیمارهای مختلف نزدیک به هم بوده است ( $0/914 - 0/909$ ) و این موضوع را می‌توان به انرژی یکسان خوراک‌ها نسبت داد. ضریب تبدیل غذایی به عنوان شاخصی جهت ارزیابی توانایی ماهی در تبدیل مواد غذایی خورده شده به گوشت مطالعه شد و کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار شاهد مشاهده

شد و با افزایش مصرف پودر شفیره کرم ابریشم ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. نتایج پژوهش جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که جایگزینی ۴۰ درصد آرد ماهی با منابع گیاهی تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان ایجاد نکرد. سید حسنی و همکاران (۱۳۹۳) امکان جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات طیور تا سطح ۶۰ درصد را در جیره غذایی فیل ماهی انگشت قد را بدون ایجاد اختلال در روند رشد و شاخص‌های فیزیولوژیک، گزارش کردند. نتایج بررسی‌های جاوید رحمدل و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که جایگزینی آرد ماهی با کنجاله آفتابگردان تا سطح ۷۵ درصد در جیره غذایی کپور معمولی امکان‌پذیر است. در تحقیق حاضر، ضریب رشد ویژه در تیمار شاهد بیشتر از تیمارهای مورد بررسی بود. اما بین تیمارهای حاوی سطوح مختلف پودر شفیره کرم ابریشم، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. محققین اظهار داشتند که آرد ماهی با کیفیت مناسب دارای پروفیل اسیدهای آمینه مطلوب جهت تامین نیازهای غذایی ماهی است و سایر مواد غذایی قابل جایگزینی با این فرآورده حداقل در یک نوع اسیدآمینه ضروری برای ماهی دچار کمبود هستند، پس این احتمال وجود دارد که یک اسیدآمینه نتواند به‌خوبی در دسترس ماهی قرار گیرد (Tacon and Jackson, 1985). لیزین مهمترین اسیدآمینه‌ای است که می‌تواند از نظر شیمیایی به‌صورت یک اسیدآمینه غیرقابل دسترس در آید (Joachim, 2002) لذا این احتمال وجود دارد که لیزین موجود در جیره غذایی پودر شفیره کرم ابریشم به‌خوبی نتوانسته مورد استفاده ماهی قرار گیرد. Yoshitomi و همکاران (۲۰۰۶) در استفاده از کریل به جای آرد ماهی در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان، کاهش ضریب رشد ویژه را مشاهده نمودند. وجود فاکتورهای غیر مغذی و کربوهیدرات‌های موجود در منبع پروتئینی جایگزین شده با آرد ماهی می‌تواند علت آن باشد (Sitja et al., 2005). بین کلیه تیمارها از نظر میزان بازده پروتئین تفاوت معنی‌دار دیده نشد یعنی قابلیت استفاده از پروتئین توسط ماهی با جایگزینی ۱۵ درصد پودر شفیره کرم ابریشم به جای آرد ماهی تفاوت چندانی با جیره شاهد نداشت ولی با افزایش پودر شفیره کرم ابریشم در جیره غذایی، قابلیت استفاده از پروتئین کاهش یافت. علت این امر را می‌توان به فیبر خام موجود در شفیره کرم ابریشم نسبت داد که عمدتاً از کیتین بوده و هضم آن برای اغلب حیوانات مشکل است (Joachim, 2002). تیمار شاهد بیشترین مقدار رسوب پروتئین در بدن را به خود اختصاص داد و بین تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده شد. به نظر می‌رسد علت آن را بتوان به قابلیت هضم و جذب پروتئین توسط ماهی و قابلیت دسترسی به اسیدهای آمینه جیره‌ها نسبت داد، بطوری‌که در جیره غذایی فاقد پودر شفیره کرم ابریشم با توجه به پروفیل مناسب‌تر پودر ماهی و احتمالاً قابلیت هضم بیشتر آرد ماهی نسبت به پودر شفیره کرم ابریشم منجر به کاهش میزان مصرف ظاهری پروتئین در جیره‌های حاوی پودر شفیره کرم ابریشم شد. پودر شفیره کرم ابریشم غنی از پروتئین و دارای سطوح بالای اسید آمینه‌های ضروری مثل والین، متیونین و فنیل آلانین است (Asimi et al., 2017) و جایگزین کردن آن با آرد ماهی در جیره غذایی آبزیان به گونه آبی بستگی دارد. تفاوت در نتایج به دست آمده از مطالعات گوناگون، احتمالاً به دلیل تفاوت میان گونه‌های مورد بررسی، مدیریت تغذیه، کیفیت آب، مواد

اولیه تشکیل دهنده جیره، همچنین عوامل محیطی، توانایی در هضم جیره‌های آزمایشی و ظرفیت ویژه هر موجود باشد (جان محمدی، ۱۳۸۸). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جایگزینی پودر سفیره کرم ابریشم با آرد ماهی، تا سطح ۱۵ درصد تاثیر منفی در عملکرد رشد ایجاد نکرد.

### یافته ترویجی

یکی از راه‌های کاهش وابستگی به آرد ماهی در جیره غذایی آبزیان، استفاده از جایگزین‌های حیوانی و گیاهی ارزان به‌جای آن است. این جایگزینی علاوه بر آن که باعث کاهش وابستگی به پروتئین با منشأ دریایی می‌شود، هزینه غذا را کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش حاضر و فراوانی سفیره کرم ابریشم در استان‌های شمال کشور و در دسترس بودن و همچنین قیمت ارزان‌تر آن نسبت به آرد ماهی، این جایگزینی تا سطح ۱۵ درصد می‌تواند موجب کاهش هزینه تولید و همچنین سبب استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی و جلوگیری از هدر رفتن آن‌ها شود و دارای مزایای زیست محیطی متعددی نیز می‌باشد.

### منابع

- ارباب، ع.، ۱۳۹۸. مروری بر امکان جایگزینی آرد حشرات با آرد ماهی در جیره غذایی آبزیان. بهره‌برداری و پژوهش آبزیان، ۸ (۲): ۱-۱۵.
- جان محمدی، ح.، تقی زاده، ا. و مالکی مقدم، م.ر.، ۱۳۸۸. تاثیر جایگزینی آرد ماهی با پودر ضایعات کشتارگاهی طیور بر رشد و صفات لاشه در تغذیه ماهی قزل آلاي رنگين کمان. مجله پژوهش علوم دامی، ۱۹ (۲): ۱۳۶-۱۲۵.
- جاوید رحمدل، ک.، علاف نویریان، ح.، فلاحتکار، ب. و باباخانی، آ.، ۱۳۹۶. اثر جایگزینی آرد ماهی با کنجاله آفتابگردان بر شاخص‌های رشد و ترکیب بدن بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus Carpio*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۲): ۲۵-۳۶.
- جلیلی، ر.، آق. ن.، نوری، ف. و ایمانی، ا.، ۱۳۹۲. آثار جایگزینی پودر و روغن ماهی با منابع گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل آلاي رنگين کمان. نشریه شیلات (منابع طبیعی ایران)، ۶۶ (۲): ۱۳۱-۱۱۹.
- حق بیان، س.، شمسایی، م.، ایلا، ن.، عبدالله تبار، ی.، بزرگ زاده، پ. و رضایی، د.، ۱۳۹۴. جایگزینی پودر سویا (HP310) در جیره غذایی و تاثیر آن در عملکرد رشد و فاکتورهای خونی قزل آلاي رنگين کمان (*Oncorhynchus mykiss*). شیلات (مجله منابع طبیعی ایران)، ۶۸ (۲): ۲۲۳-۲۰۹.
- سید حسنی، م.ح.، طالبی، د.، یزدانی، م.ح.، پور علی، ح.ر. و یگانه، ه.، ۱۳۹۳. تاثیر جایگزینی پودر ضایعات مرغ به‌جای پودر ماهی بر روند رشد، سامانه‌ی ایمنی، شاخص‌های خونی و آنزیم‌های خونی کبدی فیل ماهی (*Huso huso*) انگشت قد. مجله اقیانوس شناسی، ۵ (۱۸): ۵۱-۳۹.

علامه، س. ک.، آذربایجانی، ع.، محمدی، م. و آخوندی، ع.، ۱۳۹۴. بررسی امکان جایگزینی کرم خاکی (*Eisenia fetida*) به جای پودر ماهی در جیره ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۴ (۳): ۵۹-۶۷.

نفیسی بهابادی، م.، محمودزاده، ه.، احمدی، م.ر. و سلطانی، م.، ۱۳۸۰. بررسی امکان جایگزینی آرد ضایعات کشتارگاهی طیور به جای آرد ماهی در جیره غذایی مرحله پروراری ماهی قزل آلائی رنگین کمان در آب لب شور. مجله تحقیقات دامپزشکی دانشگاه تهران، ۵۶ (۲): ۳۳-۴۰.

Asimi, O.A., Bhat, T.H., Nasir, H. and Erfan, K., 2017. Alternative source of protein silkworm pupae (*Bombyx mori*) in coldwater aquaculture. International Journal poultry and Fisheries Sciences, 1(1):1-4.

Ayoola, A., 2010. Replacement of Fishmeal with Alternative Protein Sources in Aquaculture Diets. Thesis Degree of Master of Science Faculty of North Carolina State University, North Carolina, USA.

Barroso, F.G., Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez- Sanchez, A., and Perez-Banon, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture, 422: 193-201.

Biswas, S.P., 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publishers, 157 p.

FAO., 2018. Fishery and aquaculture statistics. Rome, Italy. 104 p.

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., and Fountoulaki, E., 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future Animal Feed Science and Technology, 203: 1-22.

Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, 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: 301-313.

Ji, H., Zhang, J.L., Huang, J.Q., Cheng, X.F., and Chao, L., 2015. Effect of replacement, body composition, intestinal protease activity and health status in juvenile jian carp (*Cyprinus Carpio* Var. Jian). Aquaculture Research, 46(5):1209-1221.

Joachim, H.W., 2002. Silkworm Pupae Meal A non-conventional Feedstuff. Feed Technology, 6(7): 36-37.

Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Varghese, T.J., and Keshavanath, P., 2000. Growth response and flesh quality of Common carp (*Cyprinus carpio*) fed with high levels of nondefatted silkworm pupae. Asian Fisheries Science, 13: 235-242.

- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington D.C., U.S.A.
- Ogunji, J.O., Toor, R., Schulz, C., and Kloas, W., 2008. Growth performance, nutrient utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed housefly maggot meal (maggot meal) diets. Turkish Journal Fisheries and Aquatic Aquaculture Sciences, 8: 141-147.
- Rahman, M.A., Zaher, M., Mazed, M.A., Haque, m.z., and Mahata, S.C., 1997. Replacement of costly fishmeal by silkworm pupae in diet of mirror carp. Pakistan Journal Scientific and Industrial Research, 39 (1-4): 64-67.
- Ravindran, v., and Blair, R., 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. Animal protein sources. World Pollution Science, 49:219-231.
- Shepherd, J. and Bromage, N., 1992. Intensive fish farming. Oxford Blackwell scientific publications. 404p.
- Sitja-Bobadilla, A., Pena-Llopis, S., Gomez-Requeni, P., Medale, F., Kaushik, S., and Perez-Sanchez, J., 2005. Effect of fish meal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 249: 387–400.
- Tacon, A. G. J. and Jackson, A. J., 1985. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish feeds. Nutrition and feeding in fish, Academic press, London: 119-145.
- Whilloughby, S., 1999. Salmonid farming. Fishing news books. 329p.
- Yildiz, M., 2004. The study of fillet quality and the growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with diets containing different amounts of vitamin E. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 4(2): 81-86.
- Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S., and Hata, K., 2006. Evaluation of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Aquaculture, 261: 440–446.
- Zhou, J.S., Chen, Y.S., Ji, H., and Yu, E.M., 2017. The effect of replacing fish meal with fermented meal mixture of silkworm pupae, rapeseed and wheat on growth, body composition and health of mirror carp (*Cyprinus Carpio Var. Specularis*). Aquaculture nutrition, 23 (4):741-754.

## The use of Silkworm pupae powder as a protein source on the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

**Matin Shakoori<sup>1\*</sup>, Meisam Erfani<sup>2</sup>, Rahimeh Rahmati<sup>3</sup> and Hamed Gholipour<sup>4</sup>**

1,3- Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFRSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, P.O. Box 961, Iran

2- Coldwater Fishes Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tonekabon

4- Agricultural Sciences and Natural Resources University, Department of Animal Science, Sari

(Corresponding author: [matin.shakoori@yahoo.com](mailto:matin.shakoori@yahoo.com))

### Abstract

Silkworm pupae powder is obtained as a by-product after separating silk strands from cocoons. This powder can be used as a suitable protein source for terrestrial and aquatic animals because of its amino acid structure. In this study, the effects of diets containing 0, 5, 10 and 15% silkworm powder instead of fish meal on growth performance of rainbow trout were investigated in a completely randomized design. 360 juvenile rainbow trout (average weight  $55 \pm 3.42$  g) were used. They were divided in 4 groups and 3 replication. At the end of the experiment; total length, weight gain, condition factor, feed conversion ratio, and protein efficiency ratio were not significantly different ( $P > 0.05$ ). Specific growth rate and nutrition protein utilization were significantly higher in control group compare to other treatment groups ( $P < 0.05$ ). Results of the present study showed that silkworm pupae meal could replaced up to 15% of fish meal diet in rainbow trout culture without adverse effect on growth performance.

**Keywords:** Silkworm pupae, Condition Factor, Feed Conversion Ratio, Growth Performance, Rainbow Trout