مقاله علمی – پژوهشی:

اثرات سطوح مختلف جایگزینی پودر ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) بر عملکرد رشد، بقا، ترکیبات بیوشیمیایی و آنزیم‌های هضمی روده بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

هادی اسدی[۱]، حمید علاف نویریان*[۱]، مجیدرضا خوش‌خلق[۱]، رقیه صفری[۲]

*navi@guilan.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، صندوق پستی ۱۱٤٤، گیلان، ایران
۲- گروه تکثیر و پرورش، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: مرداد ۱٤۰۰ تاریخ پذیرش: آبان ۱٤۰۰

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) به جای پودر ماهی بر عملکرد رشد، بقاء و ترکیب بیوشیمیایی بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان انجام شد. چهار جیره با مقدار یکسان نیتروژن (۴۶/۵ درصد) و انرژی (۴۶۵۲ کیلوکالری)، با سطوح مختلف جایگزینی ۰ درصد (تیمار شاهد)، ۱۵ درصد (SG15)، ۳۰ درصد (SG30) و ۶۰ درصد (SG60) پودر ماهی با پودر ملخ صحرایی فرموله شدند. جیره‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار و سه تکرار و میانگین وزن اولیه (۰/۳۳± ۵/۰۸ گرم) در ۱۲ مخزن و به مدت ۸ هفته توزیع شدند (تعداد ۲۵ قطعه ماهی در هر تانک) و غذادهی سه بار در روز تا حد سیری انجام شد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی مانند درجه حرارت (۱۷/۳ درجه سانتیگراد)، اکسیژن محلول (۶/۴۹ میلی‌گرم در لیتر)، pH (۷/۵۵) در طول آزمایش ثابت بودند. مطابق با نتایج، بیشترین وزن نهایی در تیمار ۳۰ درصد مشاهده شد (۳۴/۸۹±۶۱۶/۲۰ درصد) و تفاوت بین تیمارهای صفر، ۱۵ و ۶۰ درصد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در تیمار ۶۰ درصد کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). حداکثر مقدار پروتئین در تیمار ۳۰ درصد بود و مقادیر چربی و رطوبت لاشه در تیمارهای آزمایشی نیز دارای تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بودند ($p<۰/۰۵$). مطابق با آنالیز آنزیم‌های گوارشی، بیشترین مقدار فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آمیلاز در ماهیان تغذیه شده با جیره SG30 مشاهده گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد استفاده از ۳۰ درصد پودر ملخ به جای پودر ماهی می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد، ترکیبات بیوشیمیایی لاشه و آنزیم‌های گوارشی گردد.

لغات کلیدی: پودر حشره، کارایی غذا، بازماندگی، ترکیب لاشه، ماهی قزل آلای رنگین کمان

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

مقدمه

با توجه به روند رو به رشد جمعیت انسانی، برای حفظ سرانه مصرف آبزیان تا سال ۲۰۳۰ به بیش از دویست میلیون تن غذای دریایی نیاز است و از آنجایی‌که در چند دهه گذشته تولیدات شیلاتی حاصل از صید در دریاها به میزان ثابتی رسیده‌اند، این کمبود باید از طریق آبزی‌پروری تامین شود (FAO, 2019). بیشتر گونه‌های ماهی مورد استفاده در آبزی‌پروری، با غذای تجاری پرورش می‌یابند و تولید متراکم ماهیان گوشتخوار، نیازمند استفاده از پودر ماهی با کیفیت، به عنوان ماده اصلی جیره می‌باشد (Oliva-Teles *et al.*, 2015). با این‌حال، افزایش میزان تولید خوراک آبزیان موجب افزایش سریع قیمت مواد اولیه مانند پودر ماهی و روغن ماهی شده است (FAO, 2019) که برای غلبه بر این محدودیت‌ها تلاش‌های فراوانی برای کاهش وابستگی تولیدکنندگان غذا، به پودر ماهی صورت گرفته است (Glencross *et al.*, 2007). در دهه‌های اخیر تلاش‌های زیادی در زمینه استفاده از پروتئین‌های گیاهی در جیره‌های غذایی ماهیان گوشتخوار، متمرکز شده است (Oliva-Teles *et al.*, 2015). با این حال ترکیبات اولیه گیاهی دارای معایبی از جمله محتوای پروتئینی نسبتاً کم، خوش‌خوراکی اندک، وجود مواد ضدتغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین، آنتی ویتامین‌ها، فیتات و هماگلوتینین) و رقابت با سایر بخش‌های صنعت غذا می‌باشند (Glencross *et al.*, 2007). به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از منابع پروتئینی حشرات بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Oliva-Teles *et al.*, 2015) و بررسی‌های متعددی در زمینه استفاده از پودر حشرات به عنوان مواد تشکیل دهنده خوراک آبزیان انجام شده است (Van Huis *et al.*, 2013; Riddick, 2014). در طبیعت بسیاری از گونه‌های ماهیان از حشرات تغذیه می‌کنند. حدود ۵ درصد از یک میلیون گونه حشره شناخته شده آبزی بوده یا در تعاملی نزدیک با سایر آبزیان از جمله ماهیان هستند. از آنجایی‌که حشرات اغلب به عنوان بخشی از جیره غذایی طبیعی ماهیان هستند، یک منبع پایدار و غنی برای آنها محسوب می‌شوند. حشرات دارای رشد سریع و تکثیر آسان هستند و بازده تبدیل خوراک به بافت آنها بالاست و می‌توانند از مواد غذایی دارای کیفیت پایین تغذیه کنند (ارباب، ۱۳۹۷).

ملخ (Locust meal)، از شاخه بندپایان، رده حشرات و راسته راست بالان هستند. گونه ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) پراکندگی زیادی در کشورمان دارد. ملخ‌ها گروهی از حشرات هستند که در زمان زاد و ولد جمعیت آنها بسیار متراکم می‌شود. طی مرحله بلوغ، ملخ‌ها محصولات کشاورزی را از بین می‌برند یا به‌شدت آسیب می‌رسانند. به عنوان یک آفت بزرگ محسوب شده و شامل بیومس قابل توجهی می‌شوند. در کشورهای زیادی به عنوان غذای انسانی، دام، طیور و آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرند. ملخ‌ها معمولاً در مناطق دشتی، ترجیحاً در شب (با استفاده از نور مصنوعی) یا صبح، هنگامی که دمای هوا پایین است و حشرات کمتر فعال هستند، راحت‌تر جمع‌آوری می‌شوند (Van Huis *et al.*, 2013). امروزه پودر ملخ به عنوان یک جایگزین سرشار از پروتئین، به‌شمار می‌رود که می‌تواند به عنوان یک منبع پروتئینی عالی برای جایگزینی پودر ماهی تلقی گردد و دارای ۶۱-۵۵ درصد پروتئین و ۱۰-۸ درصد چربی می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱: ترکیبات بیوشیمیایی پودر ملخ صحرایی

Table 1: Body composition of locust meal (*S.gregaria*)

ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)	پروتئین خام	چربی	کلسیم	فسفر	خاکستر	فیبر	کربوهیدرات
ملخ صحرایی	۵۹/۴	۱۰/۱	۱/۰۴	۰/۱۱	۷/۶	۹/۵	۱۱/۹

در پروفیل اسید آمینه پودر ملخ، اسیدهای آمینه لوسین، سرین، گلوتامیک اسید، گلایسین و آرژنین بسیار غنی می‌باشد (Harinder *et al.*, 2014). در ایران ملخ‌ها در بیشتر سال‌ها به عنوان یک آفت از آفریقا، عربستان

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

سعودی، پاکستان و هندوستان به مناطق شرق و جنوبی ایران وارد می‌شوند و دامنه انتشار آنها به مناطقی نزدیک دریای خزر نیز کشیده می‌شود. این موجودات که به عنوان یک آفت در کشورمان نام برده می‌شوند، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت خواهند بود (ارباب، ۱۳۹۷). در سال‌های اخیر، گزارش‌های زیادی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین ارزان‌قیمت از جمله استفاده از منابع پروتئین حشرات ارائه شده است که می‌توان به مطالعه ولی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف پودر سوسک زرد (*Tenebrio molitor*) در بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان، Hilaire و همکاران (۲۰۰۷) پیرامون جایگزینی پودر لارو مگس سرباز در جیره تجاری ماهی قزل آلا و Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از پودر ملخ *Zonocerus variegatus* در جیره بچه ماهیان گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) و همچنین تحقیق Taufek و همکاران (۲۰۱۶) بر اثرات جیره غذایی مبتنی بر پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) بر گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) اشاره کرد. ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از خانواده آزادماهیان (Salmonidae) است و از ماهیان پرورشی با ارزش در بسیاری از نقاط جهان به‌ویژه ایران محسوب می‌شود. سرعت رشد بالا، مقاومت بسیار خوب آن با شرایط محیط و افزایش تقاضای مصرف این ماهی در اکثر نقاط کشور، موجب افزایش تولید آن شده است (هرسیج و همکاران، ۱۳۹۷). در نتیجه، هزینه بالای غذا در صنعت پرورش ماهی قزل آلا موجب شده است تا بسیاری از پژوهشگران در زمینه استفاده از غذاهای جایگزین (گیاهی و جانوری) تحقیق کنند. مطالعات زیادی در مورد استفاده از انواع حشرات و ملخ‌ها در خارج از کشور انجام شده، اما تاکنون گزارشی در ارتباط با استفاده از پودر ملخ صحرایی در کشورمان دیده نشده است. این پژوهش با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی (*S. gregaria*) در جیره غذایی بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان و بررسی اثرات آن بر عملکرد رشد، بقاء و ترکیبات بیوشیمیایی بدن و آنزیم‌های هضمی روده، انجام گردید.

مواد و روش کار

شرایط پرورش

پژوهش حاضر به مدت ۸ هفته در مزرعه تحقیقاتی شرکت نوین رشد نادین (تهران، فیروزکوه، زرین دشت) انجام شد. بچه ماهیان قزل الای موجود در مزرعه، با میانگین وزنی (۰/۳۳±۵/۰۸ گرم) در ۱۲ مخزن فایبرگلاس دایره‌ای با حجم ۲۰۰ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و هرکدام ۳ تکرار، توزیع شدند (۲۵ عدد در هر مخزن). در طول دوره آزمایش، پارامترهای فیزیکوشیمیایی مانند درجه حرارت (۰/۲۵±۱۷/۰۳ درجه سانتیگراد)، اکسیژن محلول (۰/۷۱±۶/۴۹ میلی‌گرم در لیتر)، پی‌اچ (۰/۳۲±۷/۵۵) تنظیم و ثابت بودند. بچه ماهیان به صورت سه وعده در روز و در ساعات ۷، ۱۲ و ۱۷ تا حد سیری مورد تغذیه قرار گرفتند. روشنایی کارگاه بر اساس دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید.

ساخت جیره و طراحی آزمایش

جهت انجام آزمایش به مقدار لازم ملخ صحرایی از طریق کشاورزان منطقه قزوین در زمین‌های زراعی و کشاورزی به روش سنتی و دستی جمع‌آوری شد. جیره‌نویسی با استفاده نرم افزار لیندو و مطابق با احتیاجات غذایی بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان صورت پذیرفت (N.R.C., 2011). نمونه‌های ملخ بعد از جمع‌آوری جهت خشک کردن داخل آون با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۸ ساعت قرار داده شدند تا به‌خوبی خشک (رطوبت زیر ۱۲ درصد) شوند. سپس به‌وسیله دستگاه همزن (پارس خزر ساخت ایران) کاملاً به صورت پودر درآورده شدند و سه نمونه ۵۰ گرمی تهیه و جهت اندازه‌گیری ترکیبات بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی گرفته شد. در مطالعه حاضر ۴ تیمار با ۳ تکرار در نظر گرفته شد. فرمول جیره‌های آزمایشی بر اساس نسبت‌های صفر، ۱۵، ۳۰، ۶۰ درصد جایگزینی پودر ملخ صحرایی با پودر ماهی تعیین شد و ۴ جیره با سطوح یکسان پروتئین، چربی و انرژی ساخته شد. مواد اولیه تشکیل دهنده و مقدار درصد استفاده از هرکدام در جدول ۲ ارائه شده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

جدول۲: ترکیبات مواد مورد استفاده و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تغذیه بچه ماهیان انگشت قد قزل آلا
Table 2: Ingradient composition and proximate analysis of experimental diets used for feeding fingerling rainbow trout (*O. mykiss*)

ترکیبات جیره (درصد)	سطوح جایگزینی پودر ملخ با پودر ماهی (درصد)			
	صفر	۱۵	۳۰	۶۰
پودر ماهی*[1]	۵۰	۴۴	۳۸	۳۲
پودر ملخ صحرایی	۰	۶	۱۲	۱۸
کنجاله سویا[1]	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
آرد گندم	۱۰	۹/۹	۹/۸	۹/۷
گلوتن ذرت*	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
روغن ماهی	۵/۰	۵/۱	۵/۲	۵/۳
مکمل ویتامینی[2]	۱	۱	۱	۱
مکمل معدنی[3]	۱	۱	۱	۱
لسیتین[4]	۱	۱	۱	۱
لایزین[5]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
متیونین[5]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
دی کلسیم فسفات[4]	۱	۱	۱	۱
ترکیب شیمیایی (درصد ماده خشک)				
رطوبت	۹/۸	۹/۶	۹/۵	۹/۶
پروتئین خام	۴۶/۵	۴۶/۶	۴۶/۶	۴۶/۴
چربی خام	۱۵/۰	۱۵/۴	۱۵/۳	۱۵/۱
خاکستر	۸/۸	۸/۹	۹/۱	۹
عصاره عاری از ازت	۳۴/۲۱	۳۳/۷۵	۳۳/۲۱	۳۲/۰۸
انرژی ناخالص (کیلوکالری/کیلوگرم)[6]	۴۶۵۲	۴۶۰۱	۴۵۴۸	۴۵۶۳

* پودر ماهی (پروتئین ۵۸درصد و چربی ۱۵)، کنجاله سویا (پروتئین ۴۳ درصد و چربی ۴ درصد)، گلوتن ذرت (پروتئین ۶۰ درصد و چربی۳ درصد)

[1] شرکت خوراک ماهی پرشین فید (چهارمحال و بختیاری، لردگان)

[2] هر کیلوگرم مکمل ویتامینه (شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران) حاوی:۱۶۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰ واحد بین المللی ویتامین D_3، ۴۰ گرم ویتامین E، ۲ گرم ویتامین K_3، ۶ گرم ویتامین B_1، ۸ گرم ویتامین B_2، ۱۲ گرم ویتامین B3، ۴۰ گرم ویتامین B_5، ۴ گرم ویتامین B_6، ۲ گرم ویتامین B_9، ۰/۰۰۸ گرم ویتامین B_{12}، ۰/۲۴گرم ویتامین C، ۲۰ گرم ویتامین اینوزیتول و ۲ گرم ویتامین بیوتین.

[3] هر کیلوگرم مکمل معدنی (شرکت لابراتورهای سیانس، قزوین، ایران) حاوی: ۶ گرم آهن، ۱۰ گرم روی، ۰/۲ گرم سلنیوم، ۰/۱ گرم کبالت، ۶ گرم مس، ۵ گرم منگنز، ۰/۶ گرم ید، ۶ گرم کولین کلراید

[4] شرکت ارس تابان (آمل، مازندران، ایران)

[5] شرکت تولیدات غذایی Evonik (دگوسا، فرانسه)

[6] محاسبه بر اساس هر کیلوگرم پروتئین خام حاوی ۵۵ کیلو کالری، هر کیلوگرم چربی خام حاوی ۹۱ کیلوکالری و هر کیلوگرم کربوهیدرات (عصاره عاری از ازت) حاوی ۴۱ کیلوکالری انرژی ناخالص

شاخص‌های رشد

پس از زیست‌سنجی اولیه، توزیع بچه‌ماهیان بعد از یک هفته سازگاری با محیط، در مخازن صورت گرفت، هر دو هفته یکبار روند تغییرات وزنی ماهیان صورت پذیرفت. در پایان آزمایش شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه برای تیمارهای مختلف محاسبه شد. همچنین ۳ قطعه ماهی از هر مخزن برداشته و جهت تعیین شاخص‌های کبدی و احشایی نمونه برداری و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم، ابتدا با پودر گل میخک بیهوش و سپس اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری شاخص‌های رشد، غذا، شاخص

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

هپاتوسوماتیک و شاخص احشایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (Nogales Merida *et al.*, 2011):

۱۰۰× (طول کل^{۳} / وزن ماهی) = شاخص چاقی (K)
۱۰۰ × (میانگین وزن اولیه) / (میانگین وزن نهایی– میانگین وزن اولیه) = درصد افزایش وزن بدن (WG)
۱۰۰× [مدت زمان آزمایش / (لگاریتم وزن اولیه – لگاریتم وزن نهایی)]= (درصد) ضریب رشد ویژه (SGR)
افزایش وزن کسب شده (گرم) / کل غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی (FCR)
۱۰۰ × (تعداد ماهیان ابتدای دوره / تعداد ماهیان انتهای دوره) = (درصد) بازماندگی (SR)
[پروتئین خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم)] = نسبت بازده پروتئین (PER)
[چربی خورده شده (گرم) / افزایش وزن کسب شده (گرم)] = نسبت بازده چربی (LER)
۱۰۰ × (وزن بدن / وزن هپاتوپانکراس) = شاخص کبدی (HSI)
۱۰۰ × (وزن بدن / وزن امعاء و احشاء) = (درصد) شاخص احشایی (VSI)

آنالیز آنزیم‌های گوارشی روده

در پایان مراحل آزمایش، تعداد ۵ قطعه بچه ماهی به طور تصادفی از هر تکرار صید شد و بعد از انجام مراحل خشک کردن و ضدعفونی بدن، بخش روده ماهیان جداسازی شد. نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد در فریزر نگهداری و جهت سنجش آنزیم‌های گوارشی به آزمایشگاه ارسال شدند. میزان فعالیت آنزیم آمیلاز به روش دستی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی به‌دست آمد. مقدار فعالیت آنزیم لیپاز به روش آنزیمی، کالیمتری با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (پارس آزمون، ایران، تهران) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتری انجام شد. طبق دستورالعمل شرکت تولیدکننده، آنزیم آمیلاز بر اساس روش Worthington Biochemical Corporation (۱۹۹۳)، فعالیت آنزیم لیپاز به روش Iijima و همکاران (۱۹۹۸) و پروتئاز بر اساس روش Garcia-Carreno and Haard (۱۹۹۳) اندازه‌گیری گردید.

آنالیز شیمیایی جیره‌های آزمایشی و ترکیبات تقریبی بدن

برای تعیین ترکیب تقریبی بیوشیمیایی بدن و جیره های آزمایشی از روش‌های مندرج در AOAC (۲۰۱۶) استفاده گردید. در انتهای دوره پرورش، تعداد ۶ قطعه بچه ماهی از هر مخزن بصورت تصادفی برداشته شد. لاشه ماهیان صید شده در دستگاه همزن خرد گردیدند و ترکیب همگنی از تمام قسمت های بدن به‌دست آمد. جهت تعیین درصد رطوبت این ترکیب همگن تا ثابت شدن وزن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون (Laboven, Tehran, Iran) خشک شدند. ماده خشک حاصله تا زمان انجام سایر آزمایش‌ها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند. برای تعیین درصد پروتئین از روش کلدال (Hanon, Jinan, China)، جهت سنجش درصد چربی از دستگاه سوکسوله (Bakhshi, Tehran, Iran) و حلال ان-هگزان و به منظور تعیین درصد خاکستر از سوزاندن نمونه ها در کوره الکتریکی (Atbin, Tehran, Iran) در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۸ ساعت استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده ها با نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت. نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف (Kolmogorov-Smirnov)، برای آنالیز همگنی واریانس با استفاده از آزمون لون (Levene) و به منظور مقایسه میانگین ها از آزمون توکی (Tukey) استفاده گردید. برای تشخیص اختلاف میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن در این مطالعه، ۵ درصد ($p\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

نتایج

شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه

نتایج حاصل از فاکتورهای رشد بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف درصد جایگزینی پودر ملخ، در جدول ۳ ارائه شده است. بر این اساس، نتایج نشان دادکه شاخص‌های چاقی، احشایی و شاخص کبدی و نیز درصد بقاء تحت تاثیر تیمارهای با سطوح مختلف جایگزینی پودر ملخ قرار نگرفتند و بین جیره‌های آزمایشی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0/05$). فاکتورهای افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین و نرخ کارایی چربی به طور معنی‌داری تحت تاثیر سطوح مختلف جایگزینی پودر ملخ قرار گرفتند ($p<0/05$). میزان درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه در بچه ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۶۰ درصد پودر ملخ نسبت به جیره صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد، به طور معنی‌داری کمتر بود ($p<0/05$). مقدار میانگین وزن نهایی در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد پودر ملخ، نسبت به تیمار ۶۰ درصد بطور معنی‌داری بالاتر بود ($p<0/05$)، اما نسبت به تیمارهای حاوی جیره صفر و ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۶۰ درصد پودر ملخ، بالاترین مقدار ضریب تبدیل غذایی را نشان داد که این اختلاف نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود ($p<0/05$). نرخ کارایی پروتئین و چربی نیز در تیمار ۶۰ درصد نسبت به سایر تیمارها کمتر بود و اختلاف معنی‌داری ایجاد کرده بود ($p<0/05$) ولی این اختلاف بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$).

جدول۳: مقایسه میانگین عملکرد رشد و تغذیه (میانگین±انحراف معیار) بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی

Table 3: Comparison of mean (±SD) growth performance and feed of fingerling rainbow trout fed experimental diets differential levels locust meal

شاخص‌های رشد	سطوح جایگزینی پودر ملخ (٪)			
	شاهد	SG15	SG30	SG60
وزن اولیه (گرم)	۰۵/۹±۰/۵۳	۰۵/۲۲±۰/۵۳	۰۴/۹۵±۰/۰۹	۰۵/۰۸±۰/۱۱
وزن نهایی (گرم)	۳۰/۶۰±۰/۷۰^{b}	۳۳/۹۵±۱/۲۲^{c}	۳۵/۴۱±۱/۰۷^{c}	۲۶/۱۷±۱/۷۸^{a}
افزایش وزن (درصد)	۵۰۶/۱۷±۷۲/۷۰^{ab}	۵۵۴/۵۷±۶۰/۵۱^{bc}	۶۱۶/۲۰±۳۴/۸۹^{c}	۴۱۵/۳۳±۳۰/۶۱^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۰۵/۴۰±۰/۸۰^{b}	۰۵/۶۰±۰/۰۷^{c}	۰۵/۶۹ ±۰/۰۶^{c}	۰۵/۰۸±۰/۱۳^{a}
ضریب چاقی	۰/۷۳±۰/۰۳^{a}	۰/۷۳±۰/۰۲^{a}	۰/۷۰±۰/۰۳^{a}	۰/۶۷±۰/۰۴^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۰/۷۹±۰/۰۳^{a}	۰/۷۶±۰/۰۳^{a}	۰/۷۲±۰/۰۵^{a}	۰/۹۸±۰/۰۷^{b}
میزان بقا (درصد)	۹۲/۲۲±۵/۰۹^{a}	۸۸/۸۹±۶/۹۴^{a}	۸۸/۸۹±۵/۰۹^{a}	۸۲/۲۲±۱/۹۲^{a}
شاخص هپاتوسوماتیک (درصد)	۰۱/۰۵±۰/۰۲^{a}	۰۱/۰۴±۰/۰۱^{a}	۰/۹۹±۰/۰۴^{a}	۰/۹۷±۰/۰۷^{a}
شاخص احشایی (درصد)	۰۵/۳۷±۰/۱۳^{a}	۰۵/۴۰±۰/۲۴^{a}	۰۵/۱۳±۰/۱۳^{a}	۰۵/۲۳±۰/۲۳^{a}
نرخ کارایی پروتئین	۰۲/۷۴±۰/۱۰^{b}	۰۲/۸۳±۰/۱۱^{b}	۰۲/۷۶±۰/۱۸^{b}	۰۲/۲۹±۰/۱۶^{a}
نرخ کارایی چربی	۰۳/۱۸±۰/۰۹^{b}	۰۳/۳۹±۰/۱۸^{b}	۰۳/۶۵±۰/۱۳^{b}	۰۳/۰۸±۰/۰۹^{a}

ترکیبات بیوشمیایی بدن

نتایج حاصل از آنالیز تقریبی لاشه بچه ماهیان قزل آلا در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد با افزایش سطوح جایگزینی جیره از تیمار ۳۰-۰ درصد، مقدار پروتئین لاشه افزایش یافت و در تیمار ۶۰ درصد به حداقل رسید به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری نشان می‌داد ($p<0/05$). مقدار چربی لاشه در بین تیمارهای با جیره ۱۵ و ۶۰ درصد جایگزینی پودر ملخ، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<0/05$) ولی در سطوح جایگزین صفر و ۳۰ درصد اختلاف معناداری مشاهده نشد ($p>0/05$). نتایج حاصل از

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

خاکستر لاشه تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($p>0/05$). رطوبت لاشه از تیمار صفر درصد تا ۶۰ درصد روند افزایشی داشت و اختلاف معنی‌داری ایجاد کرده بود ($p<0/05$).

جدول۴: مقایسه میانگین (میانگین ± انحراف معیار) ترکیبات بیوشیمیایی بدن بچه ماهیان قزل آلا رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی

Table 4: Comparison of mean (±SD) proximate body composition of fingerling rainbow trout fed experimental diets differential levels locust meal

ترکیبات بیوشیمیایی بدن	سطوح جایگزینی پودر ملخ (٪)			
	شاهد SG0	SG15	SG30	SG60
پروتئین (درصد)	۵۰/۱۶±۲/۱۲^{ab}	۵۰/۵۶±۱/۹۵^{ab}	۵۳/۵۵±۲/۷۵^{b}	۴۸/۳۳±۰/۶۹^{a}
چربی (درصد)	۲۵/۸۴±۰/۶۳^{ab}	۲۶/۳۶±۲/۴۹^{b}	۲۴/۸۷±۱/۱۰^{ab}	۲۳/۴۳±۰/۸۷^{a}
خاکستر (درصد)	۰۸/۹۶±۰/۱۷^{a}	۰۸/۷۷±۰/۵۹^{a}	۰۹/۰۲±۰/۱۹^{a}	۰۹/۵۶±۰/۵۶^{a}
رطوبت (درصد)	۶۸/۶۷±۰/۳۱^{a}	۶۹/۱۵±۰/۸۲^{a}	۷۰/۱۲±۱/۸۹^{ab}	۷۲/۸۲±۱/۵۹^{b}

اعداد با حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ($p<0/05$).

آنزیم‌های گوارشی

مقادیر آنزیم‌های گوارشی شامل پروتئاز، لیپاز و آمیلاز در جدول ۵ ارائه شده است. آنزیم پروتئاز بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد ($p<0/05$)، به‌طوری که بالاترین مقدار در تیمار با سطح جایگزینی ۳۰ درصد پودر ملخ (۹۷/۰۰±۴/۳۶ واحد بر کیلوگرم) و کمترین مقدار در تیمار شاهد (۵۱/۶۷±۳/۷۹ واحد بر کیلوگرم) مشاهده شد. آنزیم لیپاز بین تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ($p<0/05$) درحالی‌که بین تیمار ۱۵ و ۶۰ درصد اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ($p>0/05$). نتایج حاصل از آنزیم آمیلاز در تیمار شاهد بالاترین مقدار (۶۸۲/۶۷±۶/۸۱ واحد برکیلوگرم) و در تیمار ۶۰ درصد، کمترین مقدار (۳۶۸/۳۳±۵۵/۹۹ واحد بر کیلوگرم) را نشان داد و اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ($p<0/05$)، اما در بین تیمارهای ۱۵ و ۳۰ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($p>0/05$).

جدول۵: مقادیر آنزیم‌های گوارشی (واحد بر کیلوگرم) بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر ملخ صحرایی

Table 5: Amounts of digestive enzymes (Unit on kilogram) of fingerling rainbow trout fed experimental diets differential levels locust meal

آنزیم‌های گوارشی	سطوح جایگزینی پودر ملخ (٪)			
	شاهد SG0	SG15	SG30	SG60
پروتئاز	۵۱/۶۷±۳/۷۹^{a}	۹۱/۰۰±۳/۰۰^{c}	۹۷/۰۰±۴/۳۶^{c}	۶۹/۳۳±۵/۵۱^{b}
لیپاز	۱۵/۱۰±۰/۴۰^{c}	۱۳/۹۷±۰/۲۱^{b}	۱۲/۱۰±۰/۳۰^{a}	۱۴/۱۳±۰/۶۷^{b}
آمیلاز	۶۸۲/۶۷±۶/۸۱^{b}	۷۸۱/۳۳±۲۷/۷۹^{c}	۸۴۳/۳۳±۶/۷۷^{c}	۳۶۸/۳۳±۵/۹۹^{a}

اعداد با حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی با یکدیگر است ($p<0/05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

بحث

در سال‌های گذشته تحقیقات زیادی پیرامون استفاده از منابع پروتئین گیاهی، محصولات جانبی آبزیان، دام و طیور، دانه‌های حبوبات و حتی دانه‌های روغنی در جیره غذایی ماهی قزل آلا ارائه شده است که مشکلات عمده منابع پروتئین گیاهی، وجود مواد ضدتغذیه‌ای مانند فیتات، آنتی‌ویتامین‌ها و هماگلوتین و خوش خوراکی اندک آنهاست (Glencross *et al*., 2007). بنابراین، استفاده از منابع پروتئین حیوانی نتایج مطلوب‌تری را به‌دنبال خواهد داشت. در این مطالعه، مصرف پودر حشره تا سطح ۳۰ درصد باعث افزایش معنی‌دار فاکتورهای افزایش وزن و نرخ رشد ویژه و نیز کاهش ضریب تبدیل غذایی در این سطح شد. ضریب تبدیل غذایی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تغذیه‌ای است که نشان‌دهنده مقدار مصرف غذا در برابر افزایش وزن بدن در طول دوره آزمایش است در این مطالعه استفاده از پودر ملخ از سطح ۳۰-۰ درصد منجر به روند کاهشی ضریب تبدیل غذایی شد. اما در سطوح بالاتر به دلیل هضم نشدن پروتئین موجود در پودر حشره در بچه ماهیان قزل آلا، مقدار فضولات خروجی مخازن نیز افزایش یافت. به همین دلیل در سطوح بالاتر، افزایش ضریب تبدیل، کاهش نرخ رشد ویژه، کاهش ضریب چاقی و حداقل وزن‌گیری این امر مهم را اثبات می‌کند. مشابه نتایج مطالعه حاضر در مطالعات Balogun (۲۰۱۱) و Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲) در جایگزینی پودر ملخ در جیره گربه ماهی آفریقایی (*C. anguillaris*) مشاهده شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استفاده از سطوح بالاتر جایگزینی پودر ملخ موجب کاهش عملکرد رشد و افزایش ضریب تبدیل خواهد شد که با نتایج مطالعه Lock (۲۰۱۵) مطابقت داشت که نشان دادند جایگزینی پودر حشره تا سطح ۵۰ درصد موجب بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*)، خواهد شد. همچنین در تحقیقی مشابه، Dedeke و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کرد که بهترین عملکرد رشد در سطح جایگزینی ۲۵ درصد پودر کرم خاکی در گربه‌ماهی آفریقایی (*C. anguillaris*) بوده است و میزان درصد بقاء ارتباط معناداری با سطوح مختلف نداشت. همچنین در تحقیق Wilfred و همکاران (۲۰۱۲) عملکرد رشد بچه ماهیان گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) با جایگزینی ۲۵ درصدی پودر ملخ صحرایی رنگارنگ (*Z. variegatus*) به جای پودر ماهی، از بالاترین نرخ رشد و کمترین ضریب تبدیل برخوردار بود به‌طوری‌که در سطوح بالاتر، ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰ درصد، کاهش نرخ رشد مشاهده شد. در مطالعه ولی‌پور و همکاران (۱۳۹۷) نیز بهبود عملکرد رشد در جایگزینی تا سطح ۲۵ درصد پودر حشره (*Tenebrio molitor*) بر بچه ماهیان قزل آلا مشاهده شد. با این‌حال، برخلاف نتایج این مطالعه، جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر ماهی با پودر ملخ (*G. bimaculatus*) در گربه ماهی آفریقایی (*C. gariepinus*) بالاترین میزان شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای را نشان داد (Taufek *et al*., 2016) . همچنین در مطالعه Lock و همکاران (۲۰۱۵) جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر مگس سرباز هیچ‌گونه تاثیر منفی بر عملکرد رشد اسمولت‌های ماهی آزاد اقیانوس اطلس نداشته است. به‌نظر می‌رسد، تفاوت نتایج تحقیقات می‌تواند به دلیل متفاوت بودن گونه ماهی، گونه حشره مورد استفاده، نحوه تغذیه و روش فراوری حشره باشد (Tschirner and Simon, 2015). همچنین در مطالعه Rust (۲۰۰۲) با افزایش سطح جایگزینی از سطح ۳۰ درصد به دلیل وجود اسکلت کیتینی در ملخ‌ها، کاهش عملکرد رشد در بچه ماهیان قزل آلا مشاهده شد.

ترکیبات شیمیایی بدن آبزیان به عوامل مختلفی مانند گونه ماهی، دمای آب، ژنتیک، وزن ماهی، مرحله رشد، نوع غذا، ترکیبات جیره آزمایش و نحوه غذادهی بستگی دارد (Dumas *et al*., 2007). در مطالعه حاضر، با افزایش سطح جایگزینی پودر ملخ با پودر ماهی در جیره غذایی، تا سطح ۳۰ درصد مقدار پروتئین لاشه روند افزایشی داشت، این شرایط با مطالعه Wilfred و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت و با جایگزینی ۲۵ درصد پودر ملخ صحرایی رنگارنگ (*Z. variegatus*) بالاترین مقدار پروتئین لاشه مشاهده شد. افزایش پروتئین لاشه در تیمار ۳۰ درصد می‌تواند به دلیل نزدیکی پروفایل اسیدهای

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

امینه پودر ملخ و پودر ماهی و اثر مکمل آمینواسیدهای ضروری باشد یا اینکه روند کاهش چربی لاشه در تیمار ۳۰ درصد، برای تأمین انرژی بوده که موجب ابقاء پروتئین در لاشه ماهیان شده است (Tran *et al.*, 2015). در نتایج حاصل از مطالعه حاضر، مقدار چربی لاشه با افزایش سطوح جایگزنی ۶۰-۰ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافته و مقدار رطوبت لاشه افزایش یافت که همانند مطالعه Moyo و Rapatsa (۲۰۱۷) بود که با جایگزینی پودر مگس سرباز بر ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*S. salar*) کاهش چربی لاشه در تیمار ۱۰۰ درصد مشاهده شد. گزارش شده است که در بدن ماهیان رابطه معکوسی بین میزان چربی و رطوبت وجود دارد (Vargas *et al.*, 2008). در تحقیق حاضر نیز کمترین میزان چربی لاشه در تیمار ۶۰ درصد و بیشترین میزان رطوبت در همین تیمار مشاهده گردید. از نظر مقدار خاکستر نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت که با نتایج پژوهش‌های Lock و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت. نتایج حاصل از آنالیز آنزیم‌های گوارشی نشان داد، بیشترین مقدار آنزیم پروتئاز و آمیلاز در تیمار ۳۰ درصد مشاهده شده است که احتمالاً شرایط بهتر رشد ماهیان در این تیمار، نشان‌دهنده هضم بهتر پروتئین و کربوهیدرات بوده است. اما در تیمار ۶۰ درصد به حداقل رسید که می‌توان این‌گونه استنباط کرد که ترکیبات کیتینی موجود در پوسته حشراتی مانند ملخ اجازه هضم بیشتر را نمی‌دهد و در نتیجه، این امر در رشد ماهی مشاهده شده است به‌طوری‌که حداقل رشد و بالا بودن ضریب تبدیل در تیمار ۶۰ درصد این احتمال را تایید می‌کند. در مطالعه Taufek و همکاران (۲۰۱۶) با اثر پودر ملخ (*G. bimaculatus*) در گربه ماهی افریقایی نیز مقدار انزیم پروتئاز در تیمار ۵۰ درصد بیشترین و در تیمار ۱۰۰ درصد کمترین مقدار مشاهده شد. توانایی هضم کیتین از طریق آنزیم کیتیناز صورت می‌گیرد و به گونه ماهی و آنزیم‌های همزیست در روده آنها بستگی دارد و در ماهیان مختلف مقادیر هضم آنها متفاوت است (Katya *et al.*, 2017). به طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد، جایگزینی پودر ملخ صحرایی با پودر ماهی تا سطح ۳۰ درصد موجب بهبود عملکرد رشد، شاخص‌های کارایی غذا و نیز کیفیت لاشه ماهیان می‌شود. با توجه به اینکه طی سال‌های گذشته همواره شاهد هجوم ملخ‌ها در باغات و مزارع کشاورزی کشورمان بوده‌ایم که هزینه‌های جبران‌ناپذیر اقتصادی و حتی زیست محیطی (خطر سموم دفع آفات) به‌جای گذاشته است، اخیراً در چند کارگاه تولید حشره، ملخ صحرایی نیز پرورش داده می‌شود. در نتیجه، می‌توان با مدیریت و بهره‌وری مناسب، از ملخ صحرایی به عنوان منبع پروتئین پایدار و مفید برای جایگزینی پودر ماهی استفاده نمود.

منابع

ارباب، ع.، ۱۳۹۷. نقش حشرات در جیره‌ی غذایی آبزیان: مطالعه موردی سوسک زرد آرد، میلورم (*Tenebrio molitor*). مجله آبزیان زینتی، ۵: ۵۲-۴۱. DOI: 10.22069/japu.2019.15264.1449

هرسیج، م.، آدینه، ح.، ملک‌نژاد، ر.، جعفریان، ح. و اسدی، م.، ۱۳۹۷. استفاده از میل ورم زنده (*Tenebrio molitor*) در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان: تاثیر بر عملکرد رشد و بازماندگی، بهره‌وری تغذیه‌ای، ترکیبات لاشه و آنزیم‌های هضمی روده. مجله علوم و فنون شیلات، ۳: ۱۴۳-۱۳۷. DOI: JFST. 2019. 6-29053

ولی‌پور، م.، اوجی فرد، ا.، حسینی، ع.، ستوده، ا. و باقری، د.، ۱۳۹۷. اثر جایگزینی پودر ماهی با پودر لارو سوسک زرد (*Tenebrio molitor*) بر عملکرد رشد، شاخص‌های خون شناسی و برخی پارامترهای ایمنی غیراختصاصی بچه ماهیان قزل الای رنگین کمان (*Onchorhynchus mykiss*). مجله شیلات ایران، ۲۸(۴):۶۱-۴۹. DOI:10.22092/ISFJ.2019.118906

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O., Otubu, K. and Jimoh, W., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture*, 43: 412-420. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02844.x

AOAC, 2016. Official Methods of Analysis, 20th ed. (Editor: Dr. George W.Latimer, Jr) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. USA. 3172 P.

Balogun, B.I., 2011. Growth performance and feed utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) fed different dietary levels of soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) seed meal and sun-dried locust meal (*Schistocerca gregaria*). Unpublished Ph.D Thesis, Ahmadu Bello University, Zaria. DOI: 10.1007/s10126-012-9462-3.

Dedeke, G.A., Owa, S.O., Olurin, K., Akinfe, A. and Awotedu, O., 2013. Partial replacement of fih meal by earthworm meal (*Libyodrilus violaceus*) in diets for Afrian catfish, *Clarias gariepinus*. *International Journal Fisheries and Aquaculture*, 9:229-233. DOI: 10.5897/IJFA2013. 0354.

Dumas, A., De Lange, C.F., France, J. and Bureau, D.P., 2007. Quntitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 273:165-181. DOI: 10.1016/j.2007.09.026.

FAO, 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to Food Security and Nutrition for All. FAO, Rome, 200P. DOI: 10.1016/j.marpol.2018.12.009.

Garcia-Carreno, F.L. and Haard, N.F., 1993. Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. *Journal Food Biochem*, 17(2): 97-113. DOI: 10.1111/j.1745-4514.1993.tb00864.

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17–34. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00450.

Harinder, P.S., Makkar, Gilles, T., Valerie, H. and Philippe, A., 2014. State othe art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197:1-33. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008.

Hilaire, S., Sheppard, C., Newton, L., Mosley, E. and Sealey, W., 2007. Fly prpupe as a feedstuff rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38:59-67.

Iijima, N., Tanaka, S. and Ota, Y., 1998. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 18(1):59-69. DOI:10.1023/A:1007725513389.

Katya, K., Borsra, M.Z.S., Ganesan, D., Kuppusamy, G., Herriman, M., Salter, A., and Ali, S.A., 2017. Efficacy of insect larval meal to replace fish meal in juvenile barramundi, *Lates calcarifer* reared in

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

freshwater. *International Aquatic Research*, 9: 303-31. DOI:10.1007/s40071-017-0178-x.

Lock, E.R., Arsiwalla, T. and Waagbo, A., 2015. Insect larvae meal as an atlternative source of nutrients in the diet atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 130:122-134. DOI: 10.1111/anu.12343.

N.R.C. (National Research Council), 2011. Nutrient Requirements of Poultry. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C 450 P. DOI: 10.1007/s10499-011-9480-6.

Nogales, S., Jover cerda, M., Liorens, S. and Vidal, A., 2011. Study of partical replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention, and body composition of sharp snout sea bream. *Diplodus puntazzo*. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41:47-54. DOI: 10.3750/AIP2011.41.1.07.

Oliva-Teles, A., Enes, P. and Peres, H., 2015. Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish, Feed and Feeding Practice in Aquaculture. Woodhead Publishing, Cambridge, 1250 P. DOI: 10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8.

Rapatsa, M.M. and Moyo, A.G., 2017. Evaluation of Imbrasiabelina meal as a fishmeal substitute in *Oreochromis mossambicus* diets: Growth performance, histologicalanalysis and enzyme activity. *Aquaculture Reports*, 5: 18-26. DOI:10.1016/j.aqrep.2016.11.004.

Riddick, E.W., 2014. Insect protein as partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. Invertebrates and Entomopathogens. Academic Press, San Diego, USA, 565-582. DOI:10.1016/B978-0-12-391453-8.00016-9.

Rust, M.B., 2002. Nutritional physiology. In: Fish Nutrition. The Academic Press, New York, USA, 368-446 p. DOI:10.1016/B978-012319652-1/50008-2.

Taufek, N.M., Aspani, F., Muin, H., Raji, A., Razak, Sh. and Alias, Z., 2016. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 18:51-94. DOI 10.1007/s10695-016-0204-8.

Tran, G., Heuze, V. and Makkar, H.P.S., 2015. Insects in fish diets. *Animal Frontiers*, 5: 37-44. DOI:10.2527/af.2015-0018.

Tschirner, M. and Simon, A., 2015. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food*, 1(3): 1-12. DOI:10.3920/JIFF2014.0008.

Van Huis, A., Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P., 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security, 171. 187 P. DOI:10.1023/A:1007725513389

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

Vargas, R.J., Guimaraes, S.M., Kessler, A.M. and Baggio, N., 2008. Replacement of fish oil with vegetable oils in diets for jundia: Effect on performance and whole body fatty acid composition. *Aquaculture Research*, 39: 657-665. DOI: 10.1111/j.1365-2109. 2008.

Wilfred, O.A., Obasa, S., Otuba, K. and Jimoh, A., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus)* for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 2012, 43, 412–420 DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02844.

Worthington Biochemical Corporation, 1993. Worthington enzyme manual. Enzymes and related biochemical. Lakewood. New Jersey. 68-75.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]

Effects of different levels of locust meal (*Schistocerca gregaria*) replacement on growth function, survival, biochemical composition and intestinal digestive enzymes of rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus mykiss*)

Asadi H.[1]; Allaf Noveirian H.[1]*; Khoshkholgh M.R.[1]; Safari R.[2]

*navi@guilan.ac.ir

1-Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, 1144, Guilan, Iran.

2-Fisheries Group, Department of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

The present study was conducted to evaluate of different levels of locust meal (*Schistocerca gregaria*) on growth function, survival, biochemical composition and intestinal digestive enzymes in rainbow trout fingerling. Four experimental diets with different replacement levels of 0 (control treatment), 15 (SG15), 30 (SG30) and 60% (SG60) of fish meal with locust meal were formulated with equal protein (46.5%) energy (4652 kcal) contents. Diets were distributed in a completely randomized design in four treatment and each with three replications and the average initial weight (5.08±0.33) in 12 tanks for eight weeks (25 pieces of fish in each tank) and Feeding was done three times a day to satiety. Physicochemical parameters such as temperature (17.3°C), dissolved oxygen (6.49 mg), pH (7.55) were constant during the experiment. The results revealed that the highest final weight was observed in 30% treatment (89.34±20.616 ٪) and differences between 0, 15 and 60% treatments ($p<0.05$). In 60% treatment, a significant decrease in growth indices and nutritional efficiency was observed ($p<0.05$). Also, the amounts of protein, fat and moisture in the body of fish were significantly different compared to the control treatment ($p<0.05$). Analysis of digestive enzymes showed that the highest activity of protease and amylase enzymes was observed in fish fed SG30 diet. The results of this study showed that using 30% locust meal instead of fish meal can improve growth performance, the biochemical composition and digestive enzymes rainbow trout fingerlings.

Keywords: Insect meal, Feed efficiency, Survival, Body composition, Rainbow trout

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-12]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.6.1.6]