Archive of SID

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume 8, Issue 3, Summer 2019
Pages: 137-143
Type: Original Research

The Use of Live Mealworm (*Tenebrio molitor*) in Diet of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on Growth Performance and Survival, Nutritional Efficiency, Carcass Compositions and Intestinal Digestive Enzymes

Harsij M.*[1] *PhD*, Adineh H.[1] *PhD*, Maleknejad R.[2] *PhD*, Jafaryan H.[1] *PhD*, Asadi M.[1] *BSc*

[1] Fisheries Department, Agriculture Science & Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[2] Aquaculture Department, Fisheries & Environmental Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

Aims: The present study investigated the effects of different levels using mealworm (*Tenebrio molitor* L., TM) on the growth and feed performance, body composition and digestive enzymes of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*.

Materials & Methods: Fish (8.58±0.27g) in a completely randomized design in 4 treatments and each with 3 replications. Rainbow trout with different levels of 0, 15, 30, and 60% diet of live worm (TM0, TM15, TM30, and TM60; including 50% moisture) for 30 days. Data were analyzed by SPSS 17 software.

Findings: At the end of the experiment, there was a significant difference between treatments in growth performance and feed utilization. The results revealed that fish growth parameters and efficiency of nutrient utilization tended to increase with increasing dietary TM levels from 0-60%. Feed Conversion Ratio (FCR) was significantly reduced in fish fed the diet with the highest worm level (TM60). The treatments fed TM showed the highest protein and the lowest lipid content compared to fish fed control diet. The analysis of gastrointestinal enzymes depicted that amylase, protease, and lipase had a statistically significant difference between the control and other treatments. Protease and amylase activities were found to be significantly higher for fish fed the TM60 diet (87.30±4.04 and 719.16±40.10, respectively) than fish fed TM0 diet.

Conclusion: The results showed that using 60% of the worm (TM60) instead of the base diet can improve growth, carcass composition and digestive enzymes.

Keywords
Rainbow trout [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68017686];
Meal Worm [Not in MeSH];
Growth Parameters [Not in MeSH];
Body Biochemical Composition [Not in MeSH];
Digestive Enzymes [Not in MeSH]

*Corresponding Author
Tel: +98 (17) 33263115
Fax: +98 (17) 33264060
Post Address: Gonbad Kavous University, Basirat Boulevard, Shahid Fallhi Street, Gonbad Kavous, Golestan, Iran.
Postal code: 4971799151
m_harsij80@yahoo.com

Received: January 5, 2019 Accepted: September 9, 2019 ePublished: September 21, 2019

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از میل‌ورم زنده (*Tenebrio molitor*) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان: تاثیر بر عملکرد رشد و بازماندگی، بهره‌وری تغذیه‌ای، ترکیبات لاشه و آنزیم‌های هضمی روده

محمد هرسیج* PhD
گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
حسین آدینه PhD
گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
رسول ملک‌نژاد PhD
گروه تکثیر و پرورش، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
حجت‌الله جعفریان PhD
گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
مهدی اسدی BSc
گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

چکیده

اهداف: در مطالعه حاضر اثر سطوح مختلف استفاده از کرم میل‌ورم (*Tenebrio molitor* L., TM) بر عملکرد رشد و تغذیه، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بررسی شد.

مواد و روش‌ها: ماهیان (میانگین وزنی ۰/۲۷±۸/۵۸گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار و هر یک با ۳ تکرار جایابی شدند. ماهی قزل‌آلا با سطوح مختلف صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰% (TM0، TM15، TM30، TM60) جیره غذایی (با احتساب ۵۰% رطوبت) از کرم زنده به مدت ۳۰ روز استفاده کردند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: در پایان آزمایش، بین تیمارها در عملکرد رشد و بهره‌وری تغذیه تفاوت معنی‌دار وجود داشت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح رژیم غذایی از صفر تا ۶۰% پارامترهای رشد و بهره‌وری غذایی نیز افزایش یافت. ضریب تبدیل غذایی (FCR) به‌طور معنی‌داری در ماهیان تغذیه‌شده با سطوح بالای کرم (TM60) کاهش یافت. تیمارهای تغذیه‌شده با TM بیشترین مقدار پروتئین و کمترین مقدار چربی در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. آنالیز آنزیم‌های گوارشی نشان داد که مقادیر آمیلاز، پروتئاز و لیپاز بین تیمار شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار آماری دارد. فعالیت پروتئاز و آمیلاز در ماهیان تغذیه شده TM60 (به ترتیب ۸۷/۳۰±۴/۰۴ و ۷۱۹/۱۶±۴۰/۱۰) در مقایسه با تیمار TM0 بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که استفاده از ۶۰% کرم زنده (TM60) به جای جیره پایه می‌تواند باعث بهبود رشد، ترکیبات لاشه و آنزیم‌های گوارشی شود.

کلیدواژه‌ها: ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، کرم میل‌ورم، پارامترهای رشد، ترکیبات شیمیایی بدن، آنزیم‌های گوارشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۸
*نویسنده مسئول: m_harsij80@yahoo.com

مقدمه

ترکیبات هر ماده غذایی خصوصاً میزان پروتئین، عامل مهمی در انتخاب آن به‌عنوان غذا در صنعت کشت و پرورش آبزیان، دام، طیور و غیره است. استفاده از غذای زنده از لحاظ حفظ ارزش غذایی تا زمان مصرف، دارابودن آنزیم‌های گوارشی و کمک به هضم راحت‌تر غذا به هنگام مصرف و کاربردهای ارزشمند دیگر مورد توجه است[1]. در این بین استفاده از برخی از کرمی‌شکلان و کرم‌ها در صنعت پرورش جانوران مخصوصاً پرندگان زینتی و آبزیان روند افزایشی پیدا کرده است. این موجودات مانند انواع کرم‌های کم‌تار، پرتار و لارو حشرات با توجه به ارزش غذایی مناسب و برابری نسبی ارزش غذایی آنها با نیازهای انواع آبزیان مانند میزان پروتئین، چربی و دارابودن انواع اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه مورد توجه قرار گرفته‌اند. حشرات اغلب به‌عنوان بخشی از رژیم غذایی طبیعی ماهیان هستند و یک منبع پایدار و غنی برای آنها محسوب می‌شوند[2, 3]. حشرات از سرعت رشد بالایی برخوردارند و در حال حاضر هزینه‌های استفاده از وعده غذایی آنها حالت رقابتی با دیگر منابع پروتئینی را ندارد[4]. با این حال افزایش تقاضا به ناچار منجر به افزایش مقیاس تولید و درنتیجه کاهش قیمت حشرات در آینده می‌شود[5]. بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که وعده‌های غذایی به‌دست‌آمده از لارو برخی از حشرات ممکن است ارزش غذایی کافی را برای ماهی فراهم کند[6]. میل‌ورم (*Tenebrio molitor*) لارو سوسک از خانواده تنبریونیده (Tenebrionidae) است که در حال حاضر در مقیاس صنعتی تولید می‌شود. لارو این حشره معمولاً در غلات تولید می‌شود و به‌صورت خشک حاوی مقادیر بالایی از پروتئین (۶۰-۴۷%)، چربی (۴۳-۲۱%) و خاکستر (۵%) است که یک منبع پروتئین و مواد معدنی محسوب می‌شود[7]. هدف اولیه از ساخت غذا برای آبزیان فراهم‌کردن مخلوطی متعادل از مواد خوراکی برای رفع نیازهایی مانند انرژی نگهداری، رشد، تولیدمثل و سلامت است. در سال‌های اخیر مصرف میل‌ورم در جهان و ایران به‌منظور تغذیه حیوانات از جمله آبزیان پرورشی مورد توجه قرار گرفته است.

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با نام علمی *Oncorhynchus mykiss* از خانواده آزادماهیان (Salmonidae) است و از ماهیان پرورشی باارزش در بسیاری از نقاط جهان به‌ویژه ایران محسوب می‌شود. سرعت رشد بالا، مقاومت بسیار خوب آن با شرایط محیط و تقاضای روزافزون آن از سوی بازار به‌دلیل توزیع در اکثر نقاط این کشور موجب افزایش تولید آن شده است. هزینه بالای غذا در صنعت پرورش ماهی قزل‌آلا باعث شده است تا محققین در زمینه استفاده از غذاهای جایگزین (گیاهی و جانوری) تحقیق و پژوهش کنند.

در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین ارزان‌قیمت از جمله استفاده از منابع پروتئین حیوانی ارایه شده است که می‌توان به به‌کارگیری کرم (*T. molitor*) در رژیم غذایی ماهی باس دریایی (*Dicentrarchus labrax* L.) [8]، مطالعه کرم خاکی به‌عنوان منبع پروتئین جایگزین در جیره ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L.) [9]، اثر غذای

www.SID.ir

Archive of SID

زنده (توبیفکس و ناپلی آرتمیا) و غذای تجاری در بچه‌ماهیان بارب (*Puntius filamentosus*) [10]، اثر غذای زنده (لارو شیرونومید، توبیفکس و دافنی) و غذای کنسانتره را روی بچه‌ماهی سوف (*Sander lucioperca*) [11]، بررسی اثر میل‌ورم (*Tenebrio molitor*) در جیره غذایی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) [12] و همچنین تاثیر جایگزینی غذای تجاری با کرم خاکی در جیره ماهی دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*) [13]، بررسی امکان جایگزینی کرم خاکی (*Eisenia fetida*) در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) [14]، بررسی جایگزینی پودر ماهی با پودر کرم خاکی (*Eisenia foetida*) در جیره غذایی بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) [15] اشاره کرد. مطالعاتی در مورد استفاده از انواع کرم‌ها در خارج و داخل ایران انجام شده است، اما تاکنون گزارشی در ارتباط با استفاده از کرم میل‌ورم در این کشور وجود ندارد. هدف از مطالعه حاضر جایگزینی سطوح صفر ، ۱۵، ۳۰ و ۶۰% کرم میل‌ورم به جای غذای تجاری در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی شرایط نگهداری کرم *Tenebrio molitor*

هر ۱۵ روز یک‌بار کرم میل‌ورم زنده از مرکز رشد واحدهای فناوری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (هسته فناورانه میل‌ورم) تهیه شد و به آزمایشگاه مهندسی آبزیان دانشگاه گنبد انتقال یافت. کرم‌ها در محیط گرم و مرطوب نگهداری و هر ۳ روز یک‌بار از سبوس و برگ کاهو برای تغذیه آنها استفاده می‌شد. کرم‌ها قبل از استفاده به مدت ۲ روز در یخچال نگهداری شدند تا محتویات روده آنها تخلیه شود. به‌دلیل اینکه کرم‌ها پس از مدتی وارد مرحله پیله می‌شدند، به ناچار هر دو هفته یک‌بار کرم‌های جدید از مرکز ذکرشده تهیه شدند. ترکیبات بیوشیمیایی کرم‌های زنده میل‌ورم تهیه‌شده شامل ۱۹% پروتئین، ۱۳% چربی، ۶۲% رطوبت و ۲% فیبر بود. همچنین کرم میل‌ورم خشک نیز دارای ۵۲% پروتئین، ۲۸% چربی، ۵% رطوبت و ۶% فیبر است.

تهیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و روش اجرای آزمایش

ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان از شهرستان علی‌آباد کتول تهیه شدند و با چند کیسه پلاستیکی، هر یک حاوی ۳۵% آب و ۶۵% اکسیژن خالص با خودروی شخصی به دانشگاه گنبد کاووس انتقال یافتند. پس از طی ۷ روز دوره سازگاری، ماهیان با وزن اولیه ۸/۵۸±۰/۲۷گرم با تراکم ۲۰ قطعه به مخازن با حجم آبگیری ۵۰لیتر انتقال یافتند. ماهیان در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و هر یک در ۳ تکرار به مدت ۳۰ روز پرورش داده شدند. طی دوره آزمایش شرایط آزمایشگاه مانند درجه حرارت (۱۷/۴۱±۰/۳۲°C)، اکسیژن آب (۶/۲±۰/۱۳میلی‌گرم در لیتر)، دوره نوری (۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی) تنظیم و ثبت شدند. براساس جدول گزارش‌شده توسط شرکت تولید غذای اکسترود ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (شرکت فرادانه؛ ایران) میزان غذای مصرفی با توجه به دما و وزن ماهی برآورد شد. بر همین اساس ماهیان در طول دوره روزانه به میزان ۲ تا ۳% وزن بدن (در حد سیری) مورد تغذیه قرار گرفتند (جدول ۱).

استفاده از کرم زنده در تیمارهای آزمایشی به میزان صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰% (TM0، TM15، TM30، TM60) از کل غذای مصرفی بود. قابل توجه است که این میزان تغذیه با توجه به وزن خشک کرم‌ها محاسبه و انجام شد. با توجه به اینکه کرم زنده در حدود ۶۲% رطوبت دارد در زمان محاسبه استفاده از کرم زنده، مقدار آن در حدود ۲ برابر در نظر گرفته شد (جدول ۲).

جدول ۱) ترکیبات تشکیل‌دهنده غذا و درصد اجزای مغذی جیره

ترکیبات تشکیل‌دهنده	آنالیز تقریبی غذای ماهی (براساس وزن ماهی)	
	۸-۱۵گرم	۱۵-۵۰گرم
پروتئین خام	۴۶-۵۰	۴۰-۴۴
چربی خام	۱۱-۱۵	۱۲-۱۶
فیبر خام	۱/۵-۳	۲-۴
خاکستر	۹-۱۳	۷-۱۱
رطوبت	۵-۱۱	۵-۱۱
فسفر	۱-۱/۵	۱-۱/۵

جدول ۲) سطوح مصرفی کرم زنده در آزمایش

کد تیمارها	مقدار مصرف کرم خاکی زنده (درصد)
TM0	کرم زنده (صفر)+کنسانتره (۱۰۰)
TM15	کرم زنده (۱۵)+کنسانتره (۸۵)
TM30	کرم زنده (۳۰)+کنسانتره (۷۰)
TM60	کرم زنده (۶۰)+کنسانتره (۴۰)

معیارهای رشد و کارآیی تغذیه

برای برآورد میزان غذادهی و بررسی برخی معیارهای رشد و تغذیه ماهیان هر ۱۵ روز بیومتری شدند. وزن و طول ماهیان به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت ۱میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. برخی از معیارهای رشد و تغذیه مانند ۱: وزن نهایی (گرم)، ۲: طول نهایی (سانتی‌متر)، ۳: افزایش رشد (گرم)، ۴: نرخ رشد ویژه (درصد در روز)، ۵: میانگین رشد روزانه (درصد)، ۶: ضریب چاقی، ۷: ضریب تبدیل غذایی، ۸: کارآیی تبدیل غذا، ۹: نسبت کارآیی پروتئین، ۱۰: نسبت کارآیی چربی و ۱۱: درصد بازماندگی مورد بررسی قرار گرفتند:

1: W_F

2: L_F

3: $WG\ (g)= W_F-W_I$

4: $SGR\ (Percent/day)= \frac{100\times(\ln WF-\ln WI)}{t}$

5: $ADG\ (\%)= \frac{100\times(WF-WI)}{(WI\times t)}$

6: $CF= \frac{100\times W}{L3}$ F

7: $FCR= \frac{}{(WF-WI)}$

8: $FCE\ (\%)= \frac{(WF-WI)}{F}\times 100$

www.SID.ir

Archive of SID

$$9: PER=\frac{(WF-WI)}{AP}$$

$$10: LER=\frac{(WF-WI)}{AL}$$

W_I: وزن اولیه ماهی (گرم)، W_F: وزن نهایی ماهی (گرم)، L_I طول اولیه (سانتی‌متر)، L_F طول نهایی (سانتی‌متر)، ln WI و $\ln W_F$: لگاریتم طبیعی متوسط وزن اولیه و وزن نهایی (گرم)، t: طول دوره آزمایش (روز)، F: مقدار غذای خورده‌شده (گرم)، AP: مقدار پروتئین خورده‌شده (گرم)، AL: مقدار چربی خورده‌شده (گرم)، N_I: تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش، N_F: تعداد ماهیان در انتهای آزمایش

سنجش آنزیم‌های گوارشی

پایان دوره آزمایش ۷ قطعه ماهی به ازای هر تکرار به‌طور تصادفی صید و بعد از خشک و ضدعفونی بدن، روده جداسازی شد. نمونه‌ها در دمای ۲۰°C- یخچال نگهداری و سپس برای سنجش آنزیم‌های گوارشی به آزمایشگاه ارسال شدند. مقدار فعالیت آنزیم آمیلاز به روش دستی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی و مقدار فعالیت آنزیم لیپاز به روش آنزیمی، کالریمتری با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (پارس‌آزمون؛ ایران) و با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. طبق دستورالعمل شرکت سازنده، آمیلاز براساس روش ورتینگتون[16] و لیپاز براساس روش *ایجیما* و همکاران[17] اندازه‌گیری شد. پروتئاز براساس روش ارایه‌شده توسط *گارسیا-کارنو و هارد*[18] سنجش شد.

آنالیز ترکیبات لاشه ماهی

پس از جداسازی روده، آنالیز تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهیان برای به‌دست‌آوردن مقادیر پروتئین، چربی، خاکستر، ماده خشک و فیبر به روش AOAC (۲۰۰۰) [19] انجام شد. پروتئین خام با روش کجلدال و با تعیین مقدار نیتروژن کل براساس ۱۶% نیتروژن، مطابق با رابطه ۱ انجام شد. چربی خام به روش سوکسله از طریق استخراج چربی به وسیله اتر اندازه‌گیری شد. ماده خشک لاشه به‌طور وزنی بعد از انجماد خشک برای مدت ۲۴ ساعت و خاکستر با استفاده از سوزاندن نمونه‌ها در کوره با حرارت ۶۰۰°C تعیین شد.

رابطه (۱) پروتئین خام =ازت کل ×۶/۲۵

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS 17 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن در سطح ۵% استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از فاکتورهای رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان که تحت تیمارهای مختلف قرار داشتند در جدول ۳ آمده است. پس از طی دوره پرورش، ماهیان تیمار TM60 بالاترین رشد (افزایش وزن) و وزن نهایی را داشتند ($p<0/05$). کمترین وزن نهایی مربوط به تیمار TM0 (تیمار بدون کرم) بود. دو تیمار دیگر تغذیه‌شده با کرم (TM15 و TM30)، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($p>0/05$) و در محدوده حد واسط تیمارهای بیشترین و کمترین رشد بودند. در سایر عوامل رشد از قبیل طول نهایی، میانگین رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و بقا بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

آنالیز آماری پارامترهای تغذیه در جدول ۴ ارایه شده است. در این آزمایش تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای آزمایشی از نظر ضریب تبدیل غذایی و کارآیی تبدیل غذا به دست آمد. کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی و بیشترین کارآیی تبدیل غذایی در تیمار TM60 (۶۰% کرم) به ترتیب برابر ۰/۹۵±۰/۱۲ و ۱۰۶/۹۸±۱۵/۱۶ به ثبت رسید. در پایان آزمایش شاخص‌های احشایی، هپاتوسوماتیک و روده نیز سنجش و محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بین این شاخص‌ها در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴؛ $p>0/05$)

مقادیر آنزیم‌های گوارشی (به ترتیب پروتئاز، لیپاز و آمیلاز) در جدول ۵ ارایه شده است. آنزیم پروتئاز بین تیمارهای مختلف آزمایشی تفاوت آماری معنی‌دار داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار TM60 برابر ۸۷/۳۰±۴/۶۷واحد بر کیلوگرم و کمترین آن در تیمار شاهد (۳۷/۸۰±۴/۳۰واحد بر کیلوگرم) به دست آمد ($p<0/05$). آنزیم لیپاز بین تیمار شاهد با تیمار TM30 اختلاف آماری نداشت ($p>0/05$) و بیشترین مقدار آن در تیمار TM15 بود. آنزیم آمیلاز به‌طور معنی‌داری با افزایش مصرف کرم زنده میل‌ورم نیز افزایش یافت که به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آن در تیمارهای TM60 و شاهد بود (جدول ۵؛ $p<0/05$).

جدول ۳) اثرات استفاده از سطوح مختلف کرم زنده (*Tenebrio molitor*) بر عملکرد رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

معیارها	TM0 (شاهد= بدون کرم)	TM15 (۱۵% کرم)	TM30 (۳۰% کرم)	TM60 (۶۰% کرم)
وزن اولیه (گرم)	۸/۳۲±۰/۲۵^{a}	۸/۷۱±۰/۳۲^{a}	۸/۵۲±۰/۳۶^{a}	۸/۷۷±۰/۱۸^{a}
وزن نهایی (گرم)	۲۳/۴۸±۲/۲۲^{b}	۲۴/۷۸±۱/۹۹^{ab}	۲۴/۳۲±۲/۵۳^{ab}	۲۶/۹۶±۲/۳۹^{a}
طول اولیه (سانتی‌متر)	۷/۱۴±۰/۵۹^{a}	۷/۸۳±۰/۸۳^{a}	۷/۵۹±۰/۷۷^{a}	۷/۵۵±۰/۸۰^{a}
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۲/۸۸±۰/۵۰^{a}	۱۳/۰۶±۰/۳۷^{a}	۱۳/۱۷±۰/۴۳^{a}	۱۳/۳۹±۰/۳۸^{a}
افزایش وزن (گرم)	۱۵/۱۶±۲/۱۳^{b}	۱۶/۰۷±۲/۰۱^{ab}	۱۵/۸۰±۲/۳۴^{ab}	۱۸/۱۸±۲/۵۷^{a}
میانگین رشد روزانه (درصد)	۲/۱۴±۰/۱۰^{a}	۲/۱۵±۰/۱۳^{a}	۲/۱۵±۰/۱۰^{a}	۲/۲۳±۰/۱۲^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۳/۴۴±۰/۲۹^{a}	۳/۴۷±۰/۲۸^{a}	۳/۵۰±۰/۳۰^{a}	۳/۷۳±۰/۳۸^{a}
ضریب چاقی	۱/۰۹±۰/۰۳^{a}	۱/۱۱±۰/۰۵^{a}	۱/۰۶±۰/۰۶^{a}	۱/۱۲±۰/۰۴^{a}
بازماندگی (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p<0/05$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴) اثرات مصرف سطوح مختلف کرم زنده (*Tenebrio molitor*) بر بهره‌وری تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

معیارها	TM0 (شاهد= بدون کرم)	TM15 (۱۵% کرم)	TM30 (۳۰% کرم)	TM60 (۶۰% کرم)
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۰±۰/۱۷^{a}	۱/۰۸±۰/۱۳^{ab}	۱/۱۰±۰/۱۶^{ab}	۰/۹۵±۰/۱۲^{b}
کارآیی تبدیل غذا	۸۴/۲۲±۱۱/۸۷^{b}	۹۳/۴۳±۱۱/۷۳^{ab}	۹۲/۴۱±۱۳/۷۳^{ab}	۱۰۶/۹۸±۱۵/۱۶^{a}
نسبت کارآیی پروتئین	۰/۳۷±۰/۰۵^{b}	۰/۴۰±۰/۰۵^{ab}	۰/۳۹±۰/۰۴^{ab}	۰/۴۵±۰/۰۶^{a}
نسبت کارآیی چربی	۱/۳۷±۰/۱۹^{b}	۱/۴۶±۰/۱۸^{ab}	۱/۴۳±۰/۲۱^{ab}	۱/۶۵±۰/۲۳^{a}
شاخص احشائی	۸/۳۸±۲/۷۷^{a}	۹/۵۵±۱/۷۵^{a}	۹/۸۳±۳/۲۲^{a}	۹/۹۱±۲/۱۱^{a}
شاخص هپاتوسوماتیک	۲/۶۳±۰/۹۴^{a}	۲/۴۶±۰/۹۲^{a}	۲/۷۳±۱/۲۴^{a}	۲/۰۴±۰/۴۸^{a}
شاخص روده	۱/۴۰±۰/۶۰^{a}	۱/۱۴±۰/۴۷^{a}	۱/۴۰±۰/۶۱^{a}	۱/۴۵±۰/۲۹^{a}

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (p<۰/۰۵).

جدول ۵) مقادیر آنزیم گوارشی (واحد بر کیلوگرم) ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح صفر، ۱۵، ۳۰ و ۶۰% کرم زنده به جای غذای کنسانتره

تیمارها	پروتئاز	لیپاز	آمیلاز
TM0 (شاهد= بدون کرم)	۳۷/۸۰±۴/۳۰^{d}	۲۵/۹۰±۱/۲۷^{c}	۳۲۰/۰۰±۱۰/۵۳^{c}
TM15 (۱۵% کرم)	۷۲/۵۰±۳/۲۷^{b}	۴۸/۸۶±۹/۳۵^{a}	۶۲۳/۷۰±۵/۵۴^{b}
TM30 (۳۰% کرم)	۶۵/۰۰±۱/۷۳^{c}	۲۳/۰۰±۱/۳۲^{c}	۵۸۳/۶۷±۲/۰۸^{b}
TM60 (۶۰% کرم)	۸۷/۳۰±۴/۶۷^{a}	۳۵/۰۶±۱/۲۰^{b}	۷۱۹/۵۰±۶۰/۰۰^{a}

وجود حروف غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (p<۰/۰۵).

جدول ۶) درصد ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف کرم زنده

تیمارهای آزمایشی	TM0 (شاهد= بدون کرم)	TM15 (۱۵% کرم)	TM30 (۳۰% کرم)	TM60 (۶۰% کرم)
پروتئین	۶۴/۵۷±۰/۴۰^{b}	۶۶/۵۸±۱/۱۹^{ab}	۶۶/۴۰±۰/۴۹^{ab}	۶۷/۵۰±۰/۷۵^{a}
چربی	۲۴/۶۳±۰/۳۷^{a}	۲۲/۸۲±۰/۶۱^{bc}	۲۳/۱۵±۱/۰۳^{b}	۲۱/۹۴±۰/۸۵^{c}
فیبر	۰/۵۹±۰/۰۹^{a}	۰/۶۶±۰/۰۷^{a}	۰/۶۵±۰/۰۵^{a}	۰/۶۸±۰/۰۴^{a}
ماده خشک	۲۷/۷۴±۰/۶۷^{a}	۲۲/۶۰±۰/۸۰^{c}	۲۵/۰۲±۰/۲۱^{b}	۲۴/۰۵±۰/۳۷^{b}
خاکستر	۹/۹۱±۰/۱۸^{a}	۹/۷۴±۰/۴۱^{a}	۹/۴۵±۰/۳۹^{a}	۹/۵۵±۰/۶۴^{a}
کربوهیدرات محاسباتی	۰/۷۷±۰/۰۶^{a}	۰/۶۴±۰/۰۵^{a}	۰/۶۷±۰/۰۳^{a}	۰/۶۵±۰/۰۵^{a}

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (p<۰/۰۵).

در پایان دوره، ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان نیز آنالیز شدند. موارد سنجیده‌شده شامل پروتئین، چربی، فیبر، ماده خشک، خاکستر و کربوهیدرات بودند (جدول ۶). میزان پروتئین و چربی بین تیمارهای مختلف آزمایشی و تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌داری داشت، به‌طوری که بیشترین مقدار پروتئین و کمترین مقدار چربی در تیمار TM60 و شاهد (۶۷/۵۰±۰/۷۵ و ۲۱/۹۴±۰/۸۵%) به دست آمد. در خصوص خاکستر، کربوهیدرات و فیبر بین تیمارها تفاوتی دیده نمی‌شود (p>۰/۰۵)، اما در مورد ماده خشک بین تیمارها تفاوت وجود دارد (p<۰/۰۵).

بحث

در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی در مورد استفاده از منابع مختلف پروتئین از جمله استفاده از پروتئین گیاهی، محصولات جانبی آبزیان، طیور و دیگر حیوانات، دانه حبوبات، گیاهان دانه روغنی و غیره در جیره غذایی آبزیان ارایه شده است. یکی از اشکالات منابع پروتئین گیاهی داشتن مواد ضدتغذیه‌ای است. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از منابع پروتئین حیوانی نتایج مطلوب‌تری را به دنبال داشته باشد.

در این مطالعه مصرف میل‌ورم در همه سطوح توانست باعث افزایش معنی‌دار فاکتورهای رشد نسبت به تیمار شاهد شود. بیشترین مقدار وزن نهایی در تیمار TM60 با۶۰% جایگزینی کرم زنده به جای غذای تجاری (۲۶/۹۶±۲/۳۹گرم) و کمترین آن در تیمار TM0 بدون مصرف کرم (۲۳/۴۸±۲/۲۳گرم) به دست آمد. ضریب تبدیل غذایی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تغذیه‌ای است که نشان از مقدار مصرف غذا در برابر افزایش وزن در طول دوره آزمایش است. در این مطالعه استفاده از کرم میل‌ورم به میزان ۶۰% منجر به کاهش ضریب تبدیل غذایی نسبت به تیمار شاهد شد. موافق با مطالعه حاضر، *نگ* و همکاران[12] به بررسی پتانسیل میل‌ورم (*T. molitor*) به میزان صفر، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰% به‌عنوان یک منبع جایگزین پروتئین در جیره غذایی گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) پرداختند. طبق نتایج، استفاده از کرم تا ۸۰% جایگزینی باعث افزایش رشد شد، در حالی که فاکتورهای تغذیه‌ای کاهش یافت. در این راستا، به‌کارگیری کرم (*T. molitor*) به میزان صفر، ۲۵ و ۵۰% در رژیم غذایی ماهی باس دریایی (*Dicentrarchus labrax* L.) باعث کاهش عملکرد رشد شد[8] که در تضاد با نتایج مطالعه حاضر بود. همچنین مقایسه استفاده از پودر ماهی و پودر کرم میل‌ورم در

www.SID.ir

Archive of SID

جیره غذایی نشان از افزایش معنی‌دار آماری رشد گربه‌ماهی در تیمار مصرف‌کننده پودر ماهی بود[20]. تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده ممکن است به‌دلیل نوع و روش استفاده از غذای زنده و نوع آبزی‌پرورشی باشد. به نظر می‌رسد زمانی که کرم زنده به پودر تبدیل می‌شود برخی از ترکیبات مفید غذایی کاهش می‌یابند و یا از دسترس خارج می‌شوند. بنابراین در این مطالعه برای حفظ کیفیت مواد غذایی در کرم از آن به‌صورت زنده استفاده شد.

تاکنون در ایران تحقیقاتی در ارتباط با استفاده از غذای زنده میل‌ورم در جیره غذایی آبزیان انجام نشده است و تنها مطالعات به استفاده از پودر و کرم خاکی زنده معطوف است. در این خصوص در مطالعه *علامه* و همکاران[14] جایگزینی صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰% کرم خاکی (*Eisenia fetida*) به جای پودر ماهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۱۲۰گرم صورت گرفت که کرم خاکی به شکل تازه تا سطح ۵۰% توانست باعث بهبود رشد و تغذیه این گونه شود. در همین راستا، جایگزینی پودر ماهی با پودر کرم خاکی در جیره غذایی بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) نشان داد که استفاده از پودر کرم خاکی در سطوح ۱۰ و ۲۰% جایگزینی باعث بهبود شاخص‌های رشد این تاس‌ماهی می‌شود[15]. در مطالعه *خادمی* و همکاران[21] ۵۰% استفاده از کرم خاکی زنده به جای غذای کنسانتره باعث افزایش بهره‌وری تغذیه و کاهش ضریب تبدیل غذایی شد. *نگوک* و همکاران[9] در مطالعه کرم خاکی به‌عنوان منبع پروتئین جایگزین در جیره ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L.) نشان دادند که جایگزینی ۷۰% از پودر ماهی با پودر کرم خاکی به‌طور معنی‌داری بهترین عملکرد رشد و تغذیه را نسبت به تیمار شاهد داشت. همواره از غذای زنده به‌عنوان یک مکمل غذایی برای افزایش رشد و بقای آبزیان، به‌خصوص در دوران اولیه رشد یادشده است. میل‌ورم استفاده‌شده در این آزمایش نیز دارای پروتئین خام ۵۰-۴۶% بوده که قابل توجه است. این کرم‌ها دارای ترکیباتی نظیر آمینواسیدهای متیونین، سیستئین، فنیل‌آلانین و تیروزین هستند که اهمیت خاصی در غذای حیوانات دارند. علاوه بر این کرم میل‌ورم حاوی اسیدهای چرب بلندزنجیره، محتوای مواد معدنی و ویتامین‌ها به‌ویژه نیاسین است که باعث شده است تا تحت عنوان افزودنی به غذای حیوانات به شمار آیند[22]. آنالیز آنزیم‌های گوارشی نشان داد که مقادیر آمیلاز، پروتئاز و لیپاز بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار آماری دارد. در خصوص آنزیم آمیلاز بیشترین مقدار مربوط به تیمار TM60 با ۶۰% استفاده از کرم میل‌ورم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار TM0 (شاهد) بود. استفاده از غذای زنده به هضم غذای کنسانتره کمک می‌کند که علت آن می‌تواند به‌دلیل وجود پروتئین و آنزیم‌های موجود در بدن آنها باشد. در مطالعه‌ای مشخص شد که ماهی تیلاپیای تغذیه‌شده با پودر سویا و پودر ماهی در مقایسه با ماهیان تغذیه‌شده با پودر کرم میل‌ورم از نظر فعالیت آنزیم پروتئاز در سطح پایین‌تری بودند[23].

به‌کارگیری میل‌ورم در جیره غذایی می‌تواند بر ترکیبات لاشه اثرگذار باشد. اما برای دست‌یافتن مقدار مناسب دقیق مصرف باید تحقیقات بیشتری صورت گیرد. در این مطالعه آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن نشان داد که مقدار پروتئین و چربی لاشه بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌دار آماری داشتند. بیشترین مقدار پروتئین و چربی لاشه به ترتیب در تیمار TM60 و TM0 برابر ۶۷/۵۰±۰/۷۵ و ۲۴/۶۳±۰/۳۷% به دست آمد. در موافقت با مطالعه حاضر، *بلفورتی* و همکاران[24] گزارش دادند که جایگزینی ۵۰% میل‌ورم زرد (*T. molitor*) به جای پودر گوشت در جیره غذایی باعث افزایش معنی‌دار پروتئین خام لاشه در مقایسه با تیمار شاهد شد. در حالی که *گاسکو* و همکاران[8] گزارش دادند که به‌کارگیری پودر این کرم به‌میزان صفر، ۲۵ و ۵۰% در رژیم غذایی ماهی باس دریایی باعث افزایش غیرمعنی‌دار ترکیبات بیوشیمیایی شده است. محققین موسسه آبزی‌پروری دانشگاه استرلینگ اسکاتلند گزارش دادند که میل‌ورم دارای ارزش غذایی و پروتئینی بیشتری نسبت به غذاهای دستی و از غذاهای مناسب و مفید برای تغذیه انواع ماهیان قزل‌آلا است. ترکیبات شیمیایی گوشت فیله ماهی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین جیره‌ها از فیبر، خاکستر و کربوهیدرات محاسباتی وجود ندارد، اما کاهش معنی‌داری از نظر محتوای چربی بدن یا گوشت فیله همراه با افزایش میل‌ورم در جیره مشاهده شد. شاید تناقض در نتایج محققین به‌دلیل نوع گونه کرم مصرفی، نحوه مصرف آن (پودر یا زنده)، نوع آبزی (گرم‌آبی و یا سردآبی) و شرایط آزمایشی باشد. نتایج آنالیز آماری به‌دست‌آمده نشان داد که استفاده از ۶۰% میل‌ورم زنده به جای جیره پایه می‌تواند باعث بهبود رشد و ترکیبات لاشه (پروتئین) شود.

پودر ماهی و کنجاله سویا از رایج‌ترین منابع پروتئینی مورد استفاده در خوراک ماهیان هستند، در حالی که استفاده از آنها باعث مشکلات زیست‌محیطی، اقتصادی و تولیدی می‌شود. استفاده از حشرات و لارو آنها مانند کرم میل‌ورم (*T. molitor*) می‌تواند منبع جایگزین جالب پروتئین باشد که به‌عنوان منابع خوراکی جدید برای آبزیان مطرح است.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر از میل‌ورم زنده (*T. molitor*) به‌عنوان یک ماده خوراکی پروتیئنی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از ۶۰% کرم زنده (TM60) به جای جیره پایه می‌تواند باعث بهبود رشد، ترکیبات لاشه و آنزیم‌های گوارشی شود.

تشکر و قدردانی: نویسندگان از زحمات همه کسانی که در اجرای این مطالعه در دانشگاه گنبد کاووس و در هسته فناورانه میل‌ورم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

تاییدیه اخلاقی: مطالعه حاضر در آزمایشگاه مهندسی آبزیان دانشگاه گنبد کاووس انجام شده است. تمام موارد بهداشتی و حفظ حقوق حیوانات قبل از نمونه‌برداری رعایت شده است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافعی میان آنها وجود ندارد.

سهم نویسندگان: محمد هرسیج (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/روش‌شناس/نگارنده بحث (۵۰%)؛ حسین آدینه (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی/ تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۲۹%)؛ رسول ملک‌نژاد (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۷%)؛ حجت‌اله جعفریان (نویسنده چهارم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۷%)؛ مهدی اسدی (نویسنده پنجم)، پژوهشگر کمکی (۷%)

منابع مالی: مطالعه حاضر استخراج از طرح مصوب به‌شماره ۶/۵۶۹ و تحت حمایت مالی دانشگاه گنبد کاووس به اجرا رسیده است.

منابع

1- Das P, Mandal SC, Bhagabati SK, Akhtar MS, Singh SK. Important live food organisms and their role in aquaculture. Front Aquac. 2012;5(4):69-86.
2- Howe ER, Simenstad CA, Toft JD, Cordell JR, Bollens SM. Macroinvertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental variables in natural and restoring north San Francisco Bay tidal marsh channels. San Franc Estuary Watershed Sci. 2014;12(1):1-46.
3- Whitley SN, Bollens SM. Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. Environ Biol Fish. 2014;97(6):659-74.
4- Koeleman E. Insects crawling their way into feed regulation. All Feed. 2014;22(6):18-21.
5- Mancuso T, Baldi L, Gasco L. An empirical study on consumer acceptance of farmed fish fed on insect meals: The Italian case. Aquac Int. 2016;24(5):1489-507.
6- Henry M, Gasco L, Piccolo G, Fountoulaki E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. Anim Feed Sci Technol. 2015;203:1-22.
7- Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim Feed Sci Technol. 2014;197:1-33.
8- Gasco L, Henry M, Piccolo G, Marono S, Gai F, Renna M, et al. Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (Dicentrarchus labrax L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. Anim Feed Sci Technol. 2016;220:34-45.
9- Ngoc TN, Pucher J, Becker K, Focken U. Earthworm powder as an alternative protein source in diets for common carp (C yprinus carpio L.). Aquac Res. 2016;47(9):2917-27.
10- Saurabh Sh, Sridhar N, Gangadhar B, Raghavendra CH, Raghunath MR, Swain SK, et al. Growth performance of fry of the black-spot barb Puntius fi lamentosus (Valenciennes, 1844) fed live feeds and artificial feed. Indian J Fish. 2013;60(4):137-40.
11- Bódis M, Kucska B, Bercsenyi M. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (Sander lucioperca) in the transition from live food to formulated feed. Aquac Int. 2007;15(1):83-90.
12- Ng WK, Liew FL, Ang LP, Wong KW. Potential of mealworm (Tenebrio molitor) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, Clarias gariepinus. Aquac Res. 2001;32(s1):273-80.
13- Ahmadifard N, Sotudeh M, Imani A. Effect of commercial food replacement with earthworm (Eisenia foetida) on growth, survival, the number of larvae and their resistance to salinity stress in swordtail fish (Xiphophorus helleri). Iran Sci Fish J. 2016;25(3):231-42. [Persian]
14- Allameh SK, Azarbayejani A, Mohammadi M, Akhundi A. Study of fish meal substitution with earthworm in diet of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Iran Sci Fish J. 2015;24(3):59-68. [Persian]
15- Soleimani SM, Sajjadi MM, Falahatkar B, Yazdani MA. Replacement of fish meal by earthworm meal (Eiseniafoetida) in Siberian Sturgeon (Acipenserbearii) diet and its effect on growth performance, feed efficiency and carcass composition. J Aquat Ecol. 2016;5(3):21-30. [Persian]
16- Worthington Biochemical Corporation. Worthington enzyme manual: Enzymes and related biochemical. Lakewood: Worthington Biochemical Corporation; 1993.
17- Iijima N, Tanaka S, Ota Y. Purification and characterization of bile salt-activated lipase from the hepatopancreas of red sea bream, Pagrus major. Fish Physiol Biochem. 1998;18(1):59-69.
18- García-Carreño FL, Haard NF. Characterization of proteinase classes in langostilla (Pleuroncodes planipes) and crayfish (Pacifastacus astacus) extracts. J Food Biochem. 1993;17(2):97-113.
19- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition. Washington, D.C.: AOAC International; 2000.
20- Roncarati A, Gasco L, Parisi G, Terova G. Growth performance of common catfish (Ameiurus melas Raf.) fingerlings fed mealworm (Tenebrio molitor) diet. J Insects Food Feed. 2015;1(3):233-40.
21- Khademi Hamidi M, Harsij M, Jafaryan H, Farhangi M. The effect of Earth worm (Eisenia fetida) difference levels on growth performance and body composition and nutrition and digestive enzymes of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). J Appl Ichthyol Res. 2019;7(1):117-30. [Persian]
22- Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL. Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management. Boca Raton: CRC Press; 2010.
23- Sánchez-Muros M, De Haro C, Sanz A, Trenzado CE, Villareces S, Barroso FG. Nutritional evaluation of Tenebrio molitor meal as fishmeal substitute for tilapia (Oreochromis niloticus) diet. Aquac Nutr. 2016;22(5):943-55.
24- Belforti M, Gai F, Lussiana C, Renna M, Malfatto V, Rotolo L, et al. Tenebrio molitor meal in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. Ital J Anim Sci. 2015;14(4):4170.

www.SID.ir