تحقیقات آفات گیاهی

| علمی پژوهشی<br>۱۴۰۵ -۱۶(۱): ۱-۱۱ | https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33395.1683 | pISSN: 2322-2409<br>eISSN: 2538-6123 |
|---|---|---|

OPEN ACCESS

# تأثیر جیره‌های مختلف غذایی بر ویژگی‌های زیستی سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae)

**حسین اوجاقی** [۱]
https://orcid.org/0009-0001-6918-0607

**حمیدرضا صراف معیری** [۲*]
https://orcid.org/0000-0003-1944-6419

**عباس ارباب** [۳]
https://orcid.org/0000-0001-5248-0585

۱و ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ۳- گروه گیاه‌پزشکی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

**چکیده:** سوسک زرد آرد *Tenebrio molitor* (L.) منبعی غنی از پروتئین برای خوراک دام، طیور وآبزیان می‌باشد. در این تحقیق تأثیر ۱۰ جیره غذایی (شامل پسماند صنایع غذایی: ضایعات نان صنعتی، ماکارونی و بیسکوئیت و ضایعات کشتارگاه‌های صنعتی مرغ و ماهی) بر ویژگی‌های زیستی سوسک زرد آرد در شرایط آزمایشگاهی (دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد و ۲۴ ساعت تاریکی) مورد بررسی قرار گرفت. از مخلوط ۸۵ درصد سبوس گندم، پنج درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج به‌عنوان جیره غذایی شاهد استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از ضایعات صنایع غذایی وکشتارگاهی اثرات معنی‌داری بر شاخص‌های زیستی سوسک زرد آرد دارد. جیره‌های دارای مقادیر بالای ضایعات بیسکوئیت و پودر ضایعات ماهی موجب تلفات کامل لاروها می‌شوند. در حالی‌که جایگزینی پسماند پودر ماهی در مقادیر کم (۵٪) باعث بهبود معنی‌دار برخی از پراسنجه‌ها مانند وزن لارو سن آخر (۰/۰۱۱±۰/۱۳۲ گرم) و زمان نشوونمای لاروی (۴/۴۴±۶۱/۸۴ روز) نسبت به سایر تیمارها می‌شود؛ ولی میزان تخمگذاری کل (۱۵/۴۳±۵۷/۸ تخم) را نسبت به جیره غذایی استاندارد (۱۴/۷۰±۹۴/۲۰ تخم) به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. گنجاندن محدود منابع مشتق‌شده از پروتئین حیوانی در جیره غذایی سوسک زرد آرد ممکن است برخی از ویژگی‌های رشدی این حشره را بهبود بخشد، اما افزودن بیش از حد برخی ضایعات کشتارگاهی و صنایع غذایی بیان‌شده می‌تواند تأثیر منفی بر زنده‌مانی و عملکرد تولیدمثلی آن داشته باشد.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۵/۱/۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۳/۱۰

**واژه‌های کلیدی:** جیره غذایی، حشرات خوراکی، زادآوری، زمان نشوونما، مرگ‌ومیر

***Citation*:** Ojahji, H., Sarraf Moayeri, H. & Arbab, A. (2026). Effect of different diets on biological characteristics of *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae). *Plant Pest Research, 16*(1), 1-11. **DOI: https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33395.1683**

*Corresponding author: hamidsarrafm@gmail.com

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)

## مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت بشر در کره زمین و از طرفی محدودیت‌های حاصل از کمبود منابع آب و زمین‌های قابل کشت، نیاز به ایده‌ها و روش‌های نوین برای تامین منابع پروتئینی نیز افزایش یافته است و پژوهش‌ها برای پیدا کردن ترکیبات پروتئینی ارزان قیمت و در دسترس نیز بیش‌تر شده است (Mlcek *et al*., 2014). در سال‌های اخیر، پتانسیل حشرات به عنوان منبعی غنی از پروتئین ها و لیپید برای انسان به عنوان خوراک (به طور مستقیم) و یا از طریق استفاده از آنها به عنوان جیره غذایی در تغذیه دام و طیور (به طور غیر مستقیم) توانسته است نظر تولید کنندگان و پژوهشگران مختلف فعال در حوزه صنایع غذایی و یا پرورش حیوانات اهلی را به خود جلب نماید (Jajic *et al*., 2019).

سوسک زرد آرد با نام علمی *Tenebrio molitor* (Linnaeus) از راسته Coleoptera و از خانواده Tenebrionidae یکی از حشراتی است که لاروهای آن به عنوان منابع خوراکی مستقیم توسط انسان و یا غیر مستقیم به‌واسطه استفاده در جیره غذایی دام و طیور و آبزیان تولید و مصرف می‌شود (Siemianowska *et al*., 2013). حشرات این خانواده به‌طور عمده در محل‌های تاریک و نمناک مانند زیر تخته سنگ‌ها و برگ‌های ریخته‌شده زندگی می‌کنند و به همین دلیل در نامگذاری این خانواده از واژه لاتین Tenebrio به معنی دوست‌دار تاریکی استفاده شده است. رژیم غذایی آن‌ها بیش‌تر پوسیده‌خواری است و نقش مهمی در زیست‌بوم‌ها در تجزیه بقایای گیاهی و جانوری دارند و تعداد کمی از آن‌ها به علت تغذیه از محصولات انباری دارای اهمیت اقتصادی در مباحث آفت شناسی می‌باشند (Watt, 1974). این حشره بومی اروپاست، اما به‌تازگی در بیشتر نقاط جهان برای پرورش انبوه استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر ارزش غذایی پودر لارو این حشره به عنوان منبع غذایی برای حیوانات اهلی و حتی برای مصرف مستقیم توسط انسان مورد توجه قرار گرفته است (Ravzanaadii *et al*., 2012). برآورد شده است لارو خشک سوسک زرد آرد دارای ۵۵/۸۳ درصد پروتئین خام و ۲۵/۱۹ درصد چربی خام و مقادیری از آمینواسیدهای مهم شامل لیسین (۳/۱۸ درصد) و ترئونین (۱/۳۴ درصد) باشد (Sönmez & Koç, 2019). علاوه بر موارد بیان‌شده عناصری مانند فسفر و روی نیز در زیست‌توده این حشره یافت می‌شود که نشان‌دهنده پتانسیل بالای آن به عنوان یک منبع غنی از مواد غذایی به‌ویژه برای جیره طیور و ماهی‌های پرورشی می‌باشد (Selaledi *et al*., 2020). همچنین نشان داده شده است که میزان آمینواسیدهای اصلی موجود در سوسک زرد آرد با میزان آمینواسیدهای موجود در سویا قابل مقایسه است (Jajic *et al*., 2019). در پژوهشی نشان داده شده است جایگزینی پودر لارو سوسک زرد آرد به جای پودر ماهی در جیره غذایی مرغ تخم‌گذار می‌تواند موجب افزایش ۲/۴ درصدی تولید تخم مرغ و همچنین باعث افزایش ضخامت پوسته تخم مرغ شود (Mlcek *et al*., 2014).

سوسک زرد آرد می‌تواند روی رژیم غذایی تشکیل‌یافته از صد درصد ذرت زندگی کرده و چرخه زندگی خود را کامل نماید و این نوع جیره غذایی برای نسل‌های متمادی می‌تواند یک غذای مناسب باشد (Stull *et al*., 2019). همچنین جیره غذایی بر اساس مخمر نان، آرد یولاف و آرد دانه گندم جیره غذایی مناسبی برای پرورش حشره است (Dreassi *et al*., 2017). نکته قابل توجه در پرورش این حشره این است که لاروهای آنها می‌توانند ضایعات حاصل از صنایع غذایی مشتمل بر گیاهانی مانند ذرت، گندم، ارزن و بادام زمینی را به توده زیستی با ارزش غذایی بالا حاوی پروتین و لیپید تبدیل نمایند (Johnson *et al*., 2009). پژوهش‌های متعددی نشان می‌دهد این لاروها قادر هستند مواد آلی با ارزش غذایی پایین، مانند ضایعات حاصل از صنایع غذایی و کشاورزی را به یک رژیم غذایی پر پروتئین تبدیل کنند به طوری‌که به‌عنوان جایگزین سویا در خوراک طیور مورد استفاده قرار گیرند (Ramos-Elorduy, 2002).

در ایران سالیانه مقادیر متنابهی ضایعات کارخانه‌های صنایع غذایی تولید می‌شوند که به‌طور معمول به مصرف غذای دام و طیور می‌رسد. در یک بررسی ابتدایی میزان ضایعات تولیدی کارخانه بیسکوئیت‌سازی مینو واقع در خرمدره ماهیانه ۵ تا ۶ تن و میزان ضایعات تولیدی کارخانه سه‌نان واقع در کرج روزانه ۱/۵ تن می‌باشد (داده‌های شخصی). در این تحقیق امکان استفاده از برخی ضایعات صنایع غذایی به عنوان جیره غذایی برای پرورش سوسک زرد آرد مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این پژوهش

بررسی اثر چندین جیره غذایی شامل ضایعات حاصل از کارخانه بیسکوئیت‌سازی، کارخانه تولید ماکارونی، کارخانه تولید نان صنعتی و همچنین ضایعات خشک شده فرآورده‌های مرغ و ماهی روی برخی خصوصیات زیستی سوسک زرد آرد مانند طول عمر، میزان مرگ‌ومیر، زمان نشوونما و زادآوری حشره کامل آن بوده است. نتایج این تحقیق می‌تواند در بهینه‌سازی جیره غذایی پرورش سوسک زرد آرد با تاکید بر ضایعات حاصل از کارخانه‌های صنایع غذایی و کشتارگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### کلنی سوسک زرد آرد و جیره‌های غذایی

کلنی اولیه لاروهای سوسک زرد آرد از دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان تهیه شد. در این پژوهش از ۱۰ جیره غذایی مختلف به عنوان تیمار استفاده شد که شامل موارد زیر بودند: الف- مخلوط ۸۵ درصد سبوس گندم، پنج درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (A) (غذای استاندارد) (Ribeiro *et al*., 2018)، ب- مخلوط ۹۰ درصد ضایعات کارخانه بیسکوئیت‌سازی (کارخانه مینوخرمدره، زنجان) و ۱۰ درصد هویج (B)، ج- مخلوط ۸۰ درصد سبوس گندم پنج درصد مخمر نان، پنج درصد پودر ماهی(شرکت کارن البرز) و ۱۰ درصد هویج (C)، د-مخلوط ۹۰ درصد ضایعات ماکارونی (شرکت زرماکارون، تهران) و ۱۰ درصد هویج (D)، ه- مخلوط ۹۰ درصد ضایعات کارخانه تولید نان صنعتی (شرکت سه‌نان، کرج) و ۱۰ درصد هویج (E)، و- مخلوط ۳۵ درصد پودر ضایعات مرغ (کشتارگاه مرکزی زنجان)، ۴۵ درصد سبوس گندم، ۱۰ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (F)، ز- مخلوط ۳۵ درصد پودر ضایعات ماهی (شرکت کارن البرز)، ۴۵ درصد سبوس گندم، ۱۰ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (G)، ح- مخلوط ۴۰ درصد پودر ضایعات ماهی (شرکت کارن البرز)، ۴۰ درصد پودر ضایعات مرغ، ۱۰ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (H) ، ط- مخلوط ۸۰ درصد پودر ضایعات مرغ، ۱۰ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (I) و ی- مخلوط ۸۰ درصد پودر ضایعات ماهی (شرکت کارن البرز)، ۱۰ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج (J).

### آزمایش‌ها

برای بررسی شاخص‌های زیستی مراحل نابالغ، داخل لیوان‌های یکبار مصرف ۱۰۰ گرم ماده غذایی ریخته شد ( Rho & Lee, 2016). تعداد ۱۰ عدد تخم هم‌سن یک روزه در پنج تکرار روی بستر غذایی قرار گرفت و همچنین مقدار ده گرم هویج به عنوان منبع رطوبت برای هر تیمار گذاشته شد و با فاصله زمانی هر هفت روز یک‌بار با بستر جدید تعویض شدند. تیمارها روزانه بازدید شدند و داده‌های مرتبط با میزان مرگ و میر و زمان نشوونما تا مرگ آخرین فرد و یا تبدیل شدن به حشره کامل ثبت شد. همچنین وزن لاروهای سن آخر و شفیره با ترازوی با دقت بالا (پنج صفر) اندازه‌گیری شدند. در آزمایش دوم، باروری حشرات کامل حاصل از تیماری که بهترین نتایج را با توجه به کمترین مرگ و میر و زمان نشوونما داشت (تیمار امیدبخش) با تیمار شاهد (A) مقایسه شد. برای این آزمایش، حشرات کامل پس از خروج از شفیره داخل ظرف‌های تخم‌گیری به ابعاد ۸×۵/۵ سانتی‌متر با یک عدد نر جفت شدند و تعداد تخم‌های گذاشته‌شده به صورت روزانه با ۲۰ تکرار و برای پنج هفته مورد بررسی قرار گرفت (Rho & Lee, 2016). برای تشخیص جنس نر و ماده شکل هفتمین قطعه شکمی در شفیره‌های نر و ماده مورد استفاده قرار گرفت (Rho & Lee, 2016). آزمایش‌ها در شرایط دمایی ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۰ تا ۷۰ درصد و شرایط تاریکی انجام شدند.

### روش تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه تیمارها در شاخص‌های زیستی بین جیره‌های غذایی از آزمون تجزیه واریانس One way ANOVA با مقایسه میانگین به روش توکی با حدود اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد (Ruschioni *et al*., 2020) وآزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها ابتدا وارد برنامه Excel شدند و از نرم‌افزار Minitab برای تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. برای نرمال کردن داده‌های مرگ و میر ابتدا داده‌ها با فرمول $\mathrm{Arcsin}\sqrt{1+x}$ نرمال و سپس مورد مقایسه قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

## زمان نشوونمای مراحل نابالغ سوسک زرد آرد با تغذیه از جیره‌های مختلف غذایی

نتایج آزمایش زمان نشوونمای مراحل نابالغ این حشره، پرورش‌یافته روی جیره‌های غذایی مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. مدت زمان نشوونما مرحله تخم در هیچ کدام از تیمارها با هم تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین مدت زمان نشوونما برای دوره جنینی در تیمار G (۰/۲۳±۱۱/۰۹ روز) و کم‌ترین این دوره برای تیمار E (۰/۲۲±۹/۶۴ روز) به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج نشان می‌دهد مدت زمان نشوونما دردوره جنینی تحت تاثیر هیچ یک از تیمارها در مقایسه با شاهد نمی‌باشد. برخلاف دوره جنینی نتایج نشان می‌دهد مدت زمان نشوونمای مرحله لاروی تیمارهای مورد آزمون، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر و با شاهد دارند (جدول ۱). بیش‌ترین زمان نشوونما در جیره غذایی E (۵/۵۰±۱۸۷/۷۸روز) بود که با جیره غذایی D (۴/۴۰±۱۸۳/۱۶ روز) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی بین این دو تیمار با سایر تیمارها به‌ویژه شاهد (۱/۸۹±۶۳/۱۹ روز) و تیمار C (۴/۴۴±۶۱/۸۴ روز) اختلاف بسیار زیادی مشاهده شد. بر خلاف انتظار، در مرحله شفیرگی برعکس مرحله لاروی، شاهد (۰/۷۹±۱۱/۷۹روز) به همراه تیمارهای C (۰/۸۱±۱۱/۶۴روز) و E (۱/۵۹±۱۱/۲۰ روز) بیشترین زمان نشوونما را نشان دادند. همچنین تیمارهای G (۰/۶۵±۴/۸۹ روز) و H (۰/۴۹±۳/۴۹ روز) با کمترین زمان شفیرگی اختلاف معنی داری با سایر تیمارها و شاهد داشتند، هر چند اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار وجود نداشت (جدول ۱). قابل بیان است که با توجه به میزان مرگ ومیر صد درصدی در تیمارهای B و J در مرحله لاروی هیچ کدام از لاروها نتوانستند به مرحله شفیرگی برسند و در نتیجه زمان نشوونمای مرحله شفیرگی برای این دو تیمار قابل اندازگیری نبود (جدول ۱).

## درصد مرگ‌ومیر مراحل نابالغ سوسک زرد آرد با تغذیه از جیره‌های غذایی مختلف

نتایج مرگ‌ومیر مراحل نابالغ این حشره پرورش‌یافته روی جیره‌های غذایی مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین درصد مرگ‌ومیر تخم برای همه تیمارها یکسان بود و عملاً مرگ‌ومیری در مرحله تخم برای تیمارهای مختلف و شاهد دیده نشد و تمام تخم‌های همسن در شروع آزمایش تبدیل به لارو سن اول شدند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده در خصوص درصد مرگ‌ومیر دوره لاروی نشان می‌دهد بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیش‌ترین درصد مرگ‌ومیر در جیره‌های B و J بودند (۱۰۰ درصد) که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. برخلاف دو تیمار بیان‌شده در جیره غذایی شاهد (بدون مرگ و میر) با تیمار غذایی C که شامل ۸۰ درصد سبوس گندم پنج درصد مخمر پنج درصد پودر ضایعات ماهی و ۱۰ درصد هویج بود اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی به طور معنی‌داری از سایر تیمارها کم‌تر بود. در سایر تیمارها درصد مرگ و میر در بازه بین ۳۵ تا ۵۰ درصد بود که هر چند با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی اختلاف قابل توجهی با تیمار C و شاهد مشاهده شد (جدول ۲) ($p<۰/۰۵$). درخصوص درصد مرگ‌ومیر دوره شفیرگی، نتایج نشان می‌دهد بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). بیش‌ترین درصد مرگ‌ومیر در جیره‌های D و H بود (۰/۱۰±۱۰/۰۰ درصد) که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۲).

## وزن مراحل نابالغ سوسک زرد آرد

داده‌های حاصل از وزن لارو سن آخر و شفیره با تغذیه از جیره‌های متفاوت غذایی در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده در خصوص وزن لارو سن آخر نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بیش‌ترین وزن لارو سن آخر در جیره غذایی I بود (۰/۰۲۴±۰/۱۴۲ گرم) که هر چند با جیره غذایی شاهد (A) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با تیمارهای غذایی D (۰/۰۱۴±۰/۱۰۱ گرم)، E (۰/۰۰۵±۰/۱۳۴ گرم)، G (۰/۰۰۸±۰/۱۱۳ گرم) و H (۰/۰۱۵±۰/۱۱۲ گرم) اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). کم‌ترین وزن لارو سن آخر نیز در جیره غذایی (D) حاوی مخلوط ۹۰ درصد ضایعات ماکارونی و ۱۰ درصد هویج مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۱- زمان نشوونمای (میانگین± خطای آزمایش) مراحل مختلف نابالغ سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* پرورش‌یافته روی جیره‌های مختلف غذایی (A-J). حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p <۰/۰۵).

Table 1. Developmental time (mean ± SE) of immature stages of yellow flour beetle, *Tenebrio molitor* reared on different diets (A-J). Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean ($p < 0.05$).

| Treatments | Developmental time (day) | | |
|---|---|---|---|
| | Egg | Larva | Pupa |
| (A) Wheat bran (85%) + baker's yeast (5%) + carrots (10%) | 9.79 ± 0.20 [a] | 63.19 ± 1.89 [d] | 11.79 ± 0.79 [a] |
| (B) Biscuit factory waste (90%) + carrots (10%) | 10.04 ± 0.21 [a] | - | - |
| (C) Wheat bran (80%) + baker's yeast (5%) + fish meal (5%) + carrots (10%) | 10.19 ± 0.22 [a] | 61.84 ± 4.44 [d] | 11.64 ± 0.81 [a] |
| (D) Pasta waste (90%) + carrots (10%) | 9.89 ± 0.23 [a] | 183.16 ± 4.40 [a] | - |
| (E) Chicken waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 9.64 ± 0.22 [a] | 187.78 ± 5.50 [a] | 11.20 ± 1.59 [a] |
| (F) Industrial bread factory waste (90%) + carrots (10%). | 9.84 ± 0.21 [a] | 74.04 ± 7.72 [c] | 7.79 ± 0.14 [b] |
| (G) Fish waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 11.09 ± 0.23 [a] | 84.07 ± 6.11 [b] | 4.89 ± 0.65 [c] |
| (H) Fish waste powder (40%) + chicken waste powder (40%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 9.94 ± 0.20 [a] | 85.25 ± 3.41 [b] | 2.49 ± 0.49 [c] |
| (I) Chicken waste powder (80%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 10.19 ± 0.16 [a] | 83.44 ± 2.444 [b] | 8.19 ± 0.57 [b] |
| (J) Fish waste powder (40%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 10.34 ± 0.21 [a] | - | - |

جدول ۲- درصد مرگ و میر (میانگین± خطای آزمایش) مراحل مختلف نابالغ سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* پرورش‌یافته روی جیره‌های مختلف غذایی (A-J). حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p <۰/۰۵).

Table 2. Mortality percentage (mean ± SE) of immature stages of yellow flour beetle, *Tenebrio molitor* reared on different diets (A-J). Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean ($p < 0.05$).

| Treatments | % Mortality | | |
|---|---|---|---|
| | Egg | Larva | Pupa |
| (A) Wheat bran (85%) + baker's yeast (5%) + carrots (10%) | 0.00 | 0.00 [c] | 0.00 [a] |
| (B) Biscuit factory waste (90%) + carrots (10%) | 0.00 | 100.00 [a] | - |
| (C) Wheat bran (80%) + baker's yeast (5%) + fish meal (5%) + carrots (10%) | 0.00 | 2.00 ± 0.00 [c] | 0.00 [a] |
| (D) Pasta waste (90%) + carrots (10%) | 0.00 | 35.50 ± 5.05 [b] | 10.84 ± 2.09 [a] |
| (E) Chicken waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.00 | 31.80 ± 6.50 [b] | 0.00 [a] |
| (F) Industrial bread factory waste (90%) + carrots (10%). | 0.00 | 43.90 ± 7.52 [b] | 0.00 [a] |
| (G) Fish waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.00 | 45.65 ± 6.70 [b] | 0.00[a] |
| (H) Fish waste powder (40%) + chicken waste powder (40%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.00 | 48.85 ± 4.85 [b] | 10.06 ± 2.59 [a] |
| (I) Chicken waste powder (80%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.00 | 48.05 ± 5.51 [b] | 0.00 [a] |
| (J) Fish waste powder (40%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.00 | 100.00 [a] | - |

هر چند وزن لارو سن آخر این تیمار (D) با بیشتر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی در مرحله شفیرگی به طور معنی‌داری از تمام تیمارها کم‌تر بود (۰/۰۱۳±۰/۰۶۴ گرم)(جدول ۳). نکته قابل توجه در آزمایش وزن شفیرگی این بود که در تمام تیمارها و شاهد، شفیره‌ها مقداری جزیی از وزنشان نسبت به لارو کامل کاسته شده بود، ولی در تیمار D تقریباً ۴۰ درصد کاهش وزن در مرحله شفیرگی نسبت به مرحله لارو سن آخر مشاهده شد که این روند در سایر تیمارها وجود نداشت (جدول ۳). برای جیره‌های غذایی B و J به علت مرگ و میر صد در صدی در مرحله قبل از لارو سن آخر و در نهایت عدم تشکیل شفیره داده‌ای به‌دست نیامد.

جدول ۳- وزن لارو مرحله آخر و شفیره (میانگین± خطای آزمایش) سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* پرورش‌یافته روی جیره‌های مختلف غذایی (A-J). حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (۰/۰۵> p).

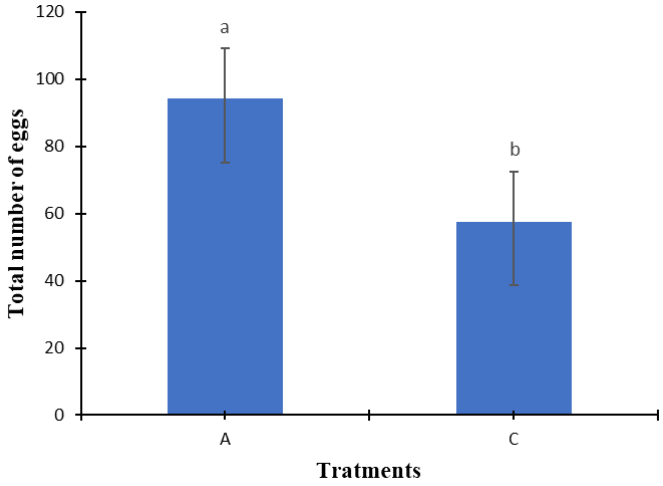
Table 3. Weight of last instar larva and pupa (mean ± SE) of yellow flour beetle, *Tenebrio molitor* reared on different diets (A-J). Non-similar letters in each column indicate a significant difference in mean ($p < 0.05$).

| Treatments | Weight (g) | |
|---|---|---|
| | Last instar larva | Pupa |
| (A) Wheat bran (85%) + baker's yeast (5%) + carrots (10%) | 0.121± 0.011 $^{ab}$ | 0.120± 0.023 $^{a}$ |
| (B) Biscuit factory waste (90%) + carrots (10%) | - | - |
| (C) Wheat bran (80%) + baker's yeast (5%) + fish meal (5%) + carrots (10%) | 0.132 ± 0.011 $^{a}$ | 0.123± 0.041 $^{a}$ |
| (D) Pasta waste (90%) + carrots (10%) | 0.101 ± 0.014 $^{b}$ | 0.064 ± 0.013 $^{b}$ |
| (E) Chicken waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.118 ± 0.013 $^{b}$ | 0.114± 0.011 $^{a}$ |
| (F) Industrial bread factory waste (90%) + carrots (10%). | 0.134 ± 0.005 $^{a}$ | 0.132± 0.024 $^{a}$ |
| (G) Fish waste powder (35%) + wheat bran (45%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.113 ± 0.008 $^{b}$ | 0.110± 0.011 $^{a}$ |
| (H) Fish waste powder (40%) + chicken waste powder (40%) + baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.112 ± 0.015 $^{b}$ | 0.101± 0.012 $^{a}$ |
| (I) Chicken waste powder (80%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | 0.142 ± 0.024 $^{a}$ | 0.121± 0.022 $^{a}$ |
| (J) Fish waste powder (40%), baker's yeast (10%) + carrots (10%) | - | - |

## زادآوری حشرات بالغ سوسک زرد آرد

در این آزمایش میزان تخم‌گذاری حشره ماده پرورش‌یافته روی بهترین تیمار از آزمایش اول با غذای استاندارد به‌عنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج میزان زادآوری سوسک زرد آرد پرورش‌یافته روی جیره غذایی A (شاهد) نسبت به جیره غذایی امید بخش C در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میانگین تعداد کل تخم‌های گذاشته شده به ازای هر ماده به طور متوسط با تغذیه از جیره غذایی شاهد، ۱۴/۷۰±۹۴/۲۰ عدد و روی جیره غذایی C، ۱۵/۴۳±۵۷/۸ عدد بود که اختلاف معنی‌داری بین شاهد و جیره غذایی مورد آزمون به لحاظ آماری وجود داشت (شکل ۱). همچنین روند روزانه تخم‌گذاری سوسک زرد آرد به مدت ۳۵ روز برای هر دو جیره غذایی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۲ نمایش داده شده است. بر این اساس مشاهده می‌شود روند تخمریزی افراد ماده تقریباً در هر دو جیره غذایی مشابه هم هستند و بیشترین میزان تخمریزی در روز اول برای جیره غذایی شاهد به طور متوسط ۷/۵۸ به ازای هر ماده و برای جیره غذایی C، ۶/۳۰ عدد تخم بوده است که در روزهای باقیمانده از طول عمر ماده‌ها این میزان روندی کاهشی نشان می‌دهد. همچنین نتایج پیک دومی در روز سوم برای تیمار C را نشان می‌دهد که برای شاهد این زمان با دو روز تاخیر در روز پنجم دیده می‌شود. از روز هفتم به بعد برای هر دو جیره غذایی نوسانات و روند متوسط تخمریزی

به ازای هر فرد ماده با نوسانات کم دامنه‌تری در بازه‌ای بین حداکثر ۳/۳۵ تخم برای شاهد (روز سیزدهم) و حداقل ۰/۳۵ تخم (روز بیست و هفتم) برای تیمار C مشاهده شد (شکل ۲).



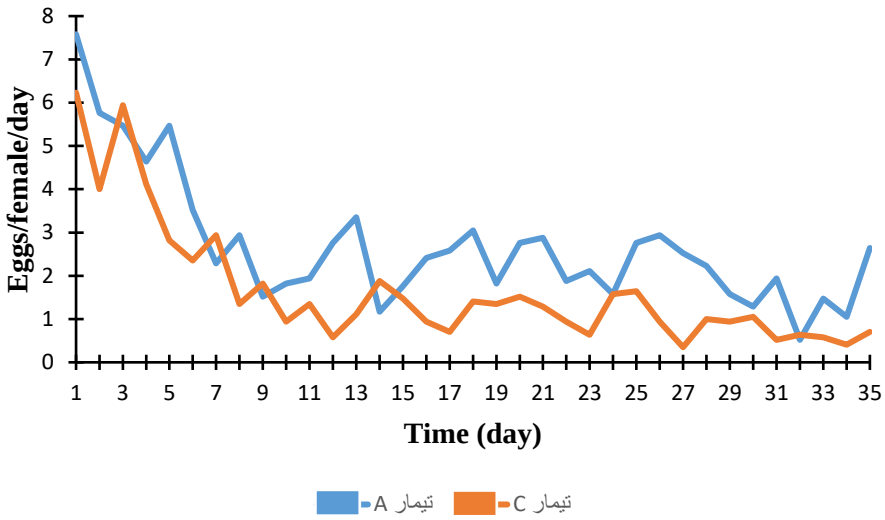

شکل ۱- مقایسه تعداد تخم کل سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* پرورش‌یافته روی جیره غذایی A (مخلوط ۸۵ درصد سبوس گندم، ۵ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج) در مقابل جیره غذایی C (مخلوط ۸۰ درصد سبوس گندم، ۵ درصد ضایعات پودر ماهی و ۱۰ درصد هویج). حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p <$ ۰/۰۵).

Figure 1. The comparison of total eggs of yellow flour beetle, *Tenebrio molitor* reared on diet A (mixture of 85% wheat bran, 5% yeast and 10% carrot) vs. diet C (mixture of 80% wheat bran, 5% fish waste powder, 5% yeast and 10% carrot). Non-similar letters indicate a significant difference in mean ($p < 0.05$).

## بحث

نتایج نشان می‌دهد جیره‌های غذایی آزمون‌شده بر زمان نشوونمای مرحله لاروی سوسک زرد آرد تاثیر معنی‌داری دارند. بیش‌ترین مدت زمان نشوونمای مرحله لارو برای تیمار E که (شامل ۹۰ درصد ضایعات کارخانه تولید نان صنعتی) و کم‌ترین آن برای تیمار C (مخلوط ۸۰ درصد سبوس گندم پنج درصد مخمر نان و پنج درصد ضایعات پودر ماهی) به‌دست آمد. ۶۱/۹ درصد از توده زیستی لارو سوسک زرد آرد از آب تشکیل شده است (ارباب، ۱۳۹۷). به همین دلیل به نظر می‌رسدکمبود رطوبت در جیره غذایی حاوی ۹۰ درصد ضایعات کارخانه تولید نان صنعتی (E) می‌تواند باعث افزایش مدت زمان نشوونمای مرحله لاروی و افزایش مرگ و میر این حشره تا حدود ۳۱ درصد باشد؛ در حالی‌که میزان مرگ و میر در تیمار C و شاهد به‌ترتیب ۲ درصد و صفر بوده است. همچنین افزودن منابع پروتئین حیوانی (ضایعات مرغ و ماهی) تا پنج درصد می‌تواند باعث بهبود وضعیت شاخص‌های زیستی سوسک زرد آرد شود و به نظر می‌رسد افزودن پروتئین حیوانی در جیره غذایی سوسک زرد آرد به دلیل تامین اسیدهای آمینه مورد نیاز برای تبدیل شدن لاروها به حشره کامل باعث تسریع زمان نشوونمای مرحله شفیرگی و لاروی در این حشره شده است. ولی نکته قابل توجه در تیمارهای آزمون‌شده این است که افزایش میزان این نوع پروتئین‌ها در مقادیر بالا می‌تواند باعث کاهش زنده‌مانی و افزایش زمان نشوونمای مرحله لاروی شود؛ به‌طوری‌که در تیمارهایی که میزان ضایعات پروتئینی بین ۴۰ تا ۸۰ درصد کل جیره غذایی بوده است، مرگ و میر ۳۰ تا ۱۰۰ درصدی در مرحله لاروی مشاهده شد (جدول‌های ۱ و۲). بر همین اساس استفاده میزان بالایی از ضایعات پروتئین‌های حیوانی برای پرورش انبوه در جیره غذایی این حشره توصیه نمی‌شود. مکانیسم‌هایی که منجر به زنده‌مانی کمتر حشرات با مصرف بیش از حد پروتئین می‌شود، هنوز به درستی شناخته نشده است، اما ممکن است فرآیندهایی مانند افزایش تولید میتوکندری گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و افزایش غیرطبیعی متابولیسم‌های ناشی از آن و همچنین افزایش تولید

مواد زائد نیتروژنی سمی را دلیلی برای این موضوع دانست (Kapahi *et al.*, 2004; Sanz *et al.*, 2004; Mirzaei *et al.*, 2014).




شکل ۲ - روند تخمریزی سوسک زرد آرد، *Tenebrio molitor* پرورش‌یافته روی جیره غذایی A (شاهد) (مخلوط ۸۵ درصد سبوس گندم، ۵ درصد مخمر نان و ۱۰ درصد هویج) در مقابل جیره غذایی C (مخلوط ۸۰ درصد سبوس گندم، ۵ درصد ضایعات پودر ماهی و ۱۰ درصد هویج).

Figure 2. Oviposition trend of yellow flour beetle, *Tenebrio molitor* reared on diet A (control) (mixture of 85% wheat bran, 5% yeast and 10% carrot) vs. diet C (mixture of 80% wheat bran, 5% fish powder waste, 5% yeast and 10% carrot).

در تحقیق حاضر اثر معنی‌دار ترکیب جیره‌های غذایی بر وزن مراحل پیش از بلوغ (لارو سن آخر و شفیره) سوسک زرد آرد مشاهده شد که در تولید انبوه و مسایل اقتصادی می‌تواند نکات قابل توجهی را ارایه کند (جدول ۳). بررسی‌های مشابه نشان داده است افزایش میزان پروتئین در جیره غذایی پرورش حشرات می‌تواند باعث افزایش وزن لاروها شود (Dossey *et al.*, 2016). بر همین اساس لاروهای پرورش‌یافته روی جیره غذایی حاوی پروتئین نسبت به تیمارهای D و E که فاقد پروتئین بودند وزن بالاتری داشتند؛ هر چند که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۳). مشابه با نتایج این تحقیق، در پژوهشی گزارش شده است لاروهای پرورش‌یافته روی جیره‌های غذایی شامل پروتئین گیاهی (جیره غذایی حاوی ۳۰ تا ۶۰ درصد بستر قارچی) می‌تواند باعث افزایش وزن لاروی نسبت به تیماری شود که صرفا با سبوس گندم تغذیه شده بودند (Liu *et al.*, 2020). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد وزن خشک این حشره را پروتئین تشکیل می‌دهد (Morales-Ramos *et al.*, 2016) افزودن میزانی از منابع پروتئینی (حیوانی یا گیاهی) می‌تواند منجر به افزایش وزن این حشره در مقیاس تولید انبوه شود. قابل بیان است هر چند استفاده از ضایعات نان‌های صنعتی و ضایعات بیسکوئیت در ابتدای این پژوهش ایده جالب و اقتصادی برای پرورش انبوه این حشره می‌نمود، ولی نتایج نشان می‌دهد به‌دلیل مرگ و میر بالای سوسک زرد آرد با تغذیه از این تیمارها برای پرورش انبوه قابل توصیه نمی‌باشد. با توجه به بررسی منابع انجام شده دلیل میزان مرگ و میر بالای مرحله لاروی را شاید بتوان به وجود میزان قابل توجه نمک در این نوع ضایعات جستجو کرد. همچنان‌که نشان داده شده است وجود نمک در جیره غذایی حشرات می‌تواند مانع نشوونمای آنها شود (Martin & Hare, 1942). بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از کارخانه تولید بیسکوئیت ساقه طلایی واقع در شهر خرمدره که در این تحقیق به عنوان یکی از جیره‌های غذایی استفاده شد (تیمار B)، میزان سدیم مصرفی در هر ۱۰۰ گرم از این محصول ۴۷۷ میلی‌گرم می‌باشد (www.minoogroup.com) که می‌توان دلیل متوقف شدن رشد لاروها در تیمار J و مرگ و میر صد در صدی در مرحله نابالغ را تا حدود زیادی به این موضوع نسبت داد. همچنین نتایج نشان می‌دهد با وجود بهبود نسبی وزن لاروی با اضافه

کردن پروتئین حیوانی در جیره غذایی، میزان تخمریزی کل و روزانه در حشرات ماده به طور معنی‌داری از شاهد کمتر بوده است و بر خلاف انتظار، افزودن ۵ درصد پروتئین حیوانی (پودر ضایعات ماهی) باعث کاهش معنی‌داری در این شاخص زیستی مهم نسبت به شاهد شده است (شکل‌های ۱ و ۲). نشان داده شده است که افزودن مقادیری از محتوای سبوس حبوبات و غلات به سبوس گندم می‌تواند شاخص‌های تولیدمثلی سوسک زرد آرد را بهبود دهد، به‌طوری‌که تا حدود ۳۰ درصد افزایش میزان تخمگذاری را در حشرات ماده به همراه داشته باشد (Rashidi & Akmali, 2025). بر همین اساس در پژوهشی دیگر مشاهده شده است که افزایش میزان پروتئین در تعادل با کربوهیدرات‌ها (۲۱ درصد پروتئین و ۲۱ درصد کربوهیدرات) می‌تواند باعث افزایش میزان تخم‌گذاری کل نسبت به شاهد (فاقد پروتئین) شود (Rho & Lee, 2016)، ولی چنانچه تعادل جیره غذایی تشکیل‌شده از نسبت یک به یک بیشتر شود (۳۵ درصد پروتئین و ۷ درصد کربوهیدرات) کاهش تخمریزی ماده‌ها را در بر خواهد داشت (Rho & Lee, 2016). همچنین به‌نظر می‌رسد میزان تخمگذاری در سوسک زرد آرد علاوه بر اثر تغذیه دوره لاروی می‌تواند تابعی از تعداد و کیفیت جفتگیری نیز باشد و در این رابطه تعادل و نسبت میزان کربوهیدرات و پروتئین می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد (Rho & Lee, 2016). بنابراین، در تحقیق حاضرکاهش میزان تخمریزی در تیمار ۵٪ پودر ضایعات ماهی نسبت به شاهد را شاید بتوان به اختلال در جفتگیری در اثر عدم تعادل میزان پروتئین آن با محتوای کربوهیدرات جیره غذایی C نسبت داد که برای اثبات یا رد این نظریه پژوهش‌های تکمیلی پیشنهاد می‌شود.

## نتیجه گیری

همچنان‌که در پژوهش‌های مختلفی نیز نشان داده شده است، ارزش غذایی لاروهای *T. molitor* به نوع رژیم غذایی و شرایط محیطی که در آن پرورش می‌یابند بستگی دارد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد استفاده از ضایعات نان صنعتی، ماکارونی و بیسکوئیت برای پرورش حشره کرم زرد آرد قابل توصیه نیست. پودر ضایعات کشتارگاهی مرغ و ماهی نیز فقط در مقادیر کم می‌تواند برخی از فاکتورهای زیستی را در مرحله نابالغ افزایش دهد؛ ولی قبل از هر توصیه‌ای انجام پژوهش‌های مرتبط با بررسی اثر استفاده از جیره‌های غذای حاوی پروتئین حیوانی بر پروفایل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب مورد نیاز در پرورش حیوانات مزرعه‌ای، مساله بسیار مهمی است که باید مورد آزمون قرار گیرد. استفاده از منابع پروتئینی در جیره غذایی حشرات و تعادل آن با میزان محتوای کربوهیدرات با مد نظر قرار دادن "فرضیه پروتئین کشنده" (Fanson *et al.*, 2012) و همچنین بررسی‌های دقیق‌تر کیفی و کمی در خصوص مزایا و معایب استفاده از منابع پروتئین حیوانی در جیره‌های غذایی حشرات می‌تواند موضوعاتی برای پژوهش‌های آتی در جهت بهینه‌سازی پرورش انبوه این حشره باشد.

## سپاسگزاری

از جناب آقای مهندس مصطفی کریمی کارشناس محترم گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان به جهت راه‌اندازی وکمک در نگهداری کلنی حشرات قدردانی می‌شود.

## References

Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V. (2017). Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, *52*(3), 285–294. **DOI: https://doi.org/10.1007/s11745-016-4220-3**

Fanson, B. G., Fanson, K. V., & Taylor, P. W. (2012). Cost of reproduction in the Queensland fruit fly: Y-model versus lethal protein hypothesis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *279*(1749), 4893-4900. **DOI: https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2033**

Kapahi, P., Zid, B. M., Harper, T., Koslover, D., Sapin, V., & Benzer, S. (2004). Regulation of lifespan in Drosophila by modulation of genes in the TOR signaling pathway. *Current Biology*, *14*(10), 885-890. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.03.059**

Liu, C., Masri, J., Perez, V., Maya, C., & Zhao, J. (2020). Growth performance and nutrient composition of meal worms (*Tenebrio molitor*) fed on fresh plant materials-supplemented diets. *Foods*, *9*(2), 151-157. **DOI**: **https://doi.org/10.3390/foods9020151**

Mirzaei, H., Suarez, J. A., & Longo, V. D. (2014). Protein and amino acid restriction, aging and disease: from yeast to humans. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, *25*(11), 558-566. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.tem.2014.07.002**

Jajic, I., Popovic, A., Uroševic, M., Krstovic, S., Petrovic, M., & Guljas, D. (2019). Chemical composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) reared in Serbia. *Contemporary Agriculture, 1*, 23–27. **DOI: https://doi.org/10.2478/contagri-2019-0005**

Martin, H. E., & Hare, L. (1942). The nutritive requirements of *Tenebrio molitor* larvae. *The Biological Bulletin, 83*(3), 428–437. **DOI: https://doi.org/10.2307/1538240**

Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., & Bednavrova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe-A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, *64*(3), 147-157. **DOI: https://doi.org/10.2478/V10222-012-0099-8**

Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shelby, K. S., & Coudron, T. A. (2016). Nutritional value of pupae versus larvae of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as food for rearing Podisus maculiventris (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, *109*(2), 564–571. **DOI: https://doi.org/10.1093/jee/tov338**

Ramos-Elorduy, J. (2002). Edible insects of chiapas, Mexico. *Ecology of Food and Nutrition, 41*(4), 271–299. **DOI: http://doi.org/10.1080/03670240214081**

Rashidi, R., & Akmali, V. (2025) Influence of dietary composition on the nutritional profile and feed conversion efficiency of *Tenebrio molitor*. *Plos One*, *20*(7), 1-17. **DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325262**

Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, W. H., Hong, S.-J., & Kim, N.-J. (2012). Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*, *25*(1), 93–98. **DOI: https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093**

Rho, M. S., & Lee, K. P. (2016). Balanced intake of protein and carbohydrate maximizes lifetime reproductive success in the meal worm beetle, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Insect Physiology*, *91*, 93–99. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.07.002**

Ribeiro, N., Abelho, M., & Costa, R. (2018). A review of the scientific literature for optimal conditions for mass rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomological Science*, *53*(4), 434–454. **DOI: https://doi.org/10.18474/jes17-67.1**

Ruschioni, S., Loreto, N., Foligni, R., Mannozzi, C., Raffaelli, N., Zamporlini, F., Pasquini, M., Roncolini, A., Cardinali, F., & Osimani, A. (2020). Addition of olive pomace to feeding substrate affects growth performance and nutritional value of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) larvae. *Foods*, *9*(3), 317. **DOI: https://doi.org/10.3390/foods9030317**

Sanz, A., Caro, P., & Barja, G. (2004). Protein restriction without strong caloric restriction decreases mitochondrial oxygen radical production and oxidative DNA damage in rat liver. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, *36*(6), 545-552. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10863-004-9001-7**

Selaledi, L., Mbajiorgu, C. A., & Mabelebele, M. (2020). The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. *Tropical Animal Health and Production*, *52*(1), 7–16. **DOI: https://doi.org/10.1007/s11250-019-02033-7**

Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K. A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A., & Jedras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agricultural Sciences*, *4*, 287–291. **DOI: https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8**

Sönmez, E., & Koç, Y. (2019). Effects of cold exposure on *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupal period, proportion of adult emergence, weight and deformation percentage. *Entomologica Fennica, 30*(1), 43–48. **DOI: https://doi.org/10.33338/ef.79905**

Stull, V. J., Kersten, M., Bergmans, R. S., Patz, J. A., & Paskewitz, S. (2019). Crude protein, amino acid, and iron content of *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) reared on an agricultural by product from maize production: An exploratory study. *Annals of the Entomological Society of America*, *112*(6), 533–543. **DOI: https://doi.org/10.1093/aesa/saz024**

Watt, J. C. (1974). A revised subfamily classification of Tenebrionidae (Coleoptera). *New Zealand Journal of Zoology, 1*(4), 381–452. **DOI: https://doi.org/10.1080/03014223.1974.9517846**

Plant Pest Research

| Research paper 2026- 16 (1): 1-11 | https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33395.1683 | pISSN:2322-2409 eISSN: 2538-6123 |
|---|---|---|

OPEN ACCESS

# Effect of different diets on biological characteristics of *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae)

**H. Ojahji [1], H. Sarraf Moayeri[2*] and A. Arbab[3]**

1 & 2. Department of plant protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, 3. Department of plant protection, Tak. C., Islamic Azad University, Takestan, Iran

✉ moradinejad82@gmail.com
✉ hamidsarrafm@gmail. com
✉ abbasarbab@hotmail.com

https://orcid.org/0009-0001-6918-0607
https://orcid.org/0000-0003-1944-6419
https://orcid.org/0000-0001-5248-0585

*Received:* 29 March 2026 | *Accepted:* 1 June 2026 |

## Abstract

The mealworm, *Tenebrio molitor* L. is a rich source of protein for livestock, poultry, and aquatic animals. In this study, the effect of 10 diets (including food industry waste: industrial bread, pasta, and biscuit waste and waste from industrial poultry and fish slaughterhouses) on the biological characteristics of the mealworm was investigated under laboratory conditions (25 ± 2 °C, relative humidity 65 ± 5%, and 24 hours of darkness). A mixture of 85% wheat bran, 5% baker's yeast, and 10% carrots was used as the control diet. The results indicated that the utilization of food industry and slaughterhouse waste significantly affected the biological parameters of the yellow mealworm. Diets with high levels of biscuit waste and fish waste powder cause 100 % larval mortality. However, substituting fish waste with lower concentration (5%) notably enhanced certain parameters such as the weight of last larval instar (0.132±0.011 g) and larval development time (61.84±4.44 days) compared to other treatments. Conversely, this substitution led to a significant decrease in the total egg laying rate of adult insects (57.8±15.43 eggs) compared to the standard diet (94.20±14.70 eggs). While, a limited inclusion of animal protein-derived sources in the diet of yellow flour beetles may improve some of the growth characteristics of this insect, excessive addition of some of the waste slaughterhouse and food industry wastes can have a negative impact on its survival and reproductive performance.

**Key words:** Developmental time, diet, edible insects, fecundity, mortality

***Citation***: Ojahji, H., Sarraf Moayeri, H. & Arbab, A. (2026). Effect of different diets on biological characteristics of *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae). *Plant Pest Research*, *16*(1), 1-11. **DOI: https://doi.org/?DOI:https://doi.org/10.22124/iprj.2026.33395.1683**

*Corresponding author: hamidsarrafm@gmail.com

Journal of Plant Pest Research is published by University of Guilan
This journal is an open access journal licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0)