نقش حشرات در جیره ی غذایی آبزیان: مطالعه موردی سوسک زرد آرد (میلورم)

Tenebrio molitor L. (Coleoptera: Tenebrionidae)

عباس ارباب[1*]

۱-گروه حشره شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان

* abbasarbab@hotmail.com

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

چکیده

حشرات فراوان‌ترین موجودات شناخته شده می‌باشند. ۵ درصد آن‌ها آبزی بوده و نقش مهمی را در شبکه‌های غذایی زیستگاه‌های آبی بازی می‌کنند. سوسک زرد آرد یکی از معدود حشراتی در دسترسی است از ویژگی‌های کم نظیری مانند پرورش انبوه ارزان، چرخه زندگی کوتاه، سازگار با محیط زیست و همخوانی ترکیبات تشکیل دهنده با نیازهای ماهی برخوردار است. لارو زنده وخشک آن به ترتیب دارای بیش از ۵۰ و ۲۰ درصد پروتئین می‌باشند و اسیدهای چرب غیراشباع بخش قابل توجهی از چربی‌های تشکیل دهنده آن را تشکیل می‌دهند. بررسی‌های محققین نشان می‌دهد این حشره می‌تواند در آینده نزدیک یکی از منابع تامین کننده نیازهای غذایی صنعت آبزی‌پروری به ویژه آبزیان زینتی باشد.

کلمات کلیدی: حشرات، سوسک زرد آرد، آرد ماهی، جیره غذایی آبزیان

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

مقدمه

آبزیان نیاز به مقدیر متفاوتی پروتئین (حدود ۵۶-۲۸درصد) در جیره غذایی خود دارند. توازن پروتئین در جیره غذایی از نظر فیزیولوژیکی و اقتصادی بسیار مهم است زیرا افزایش مقدار پروتئین در جیره سبب افزایش هزینه تولید و کاهش آن نیز سبب کاهش رشد می‌شود. در پرورش آبزیان، هزینه غذا تقریبا نصف هزینه‌های تولید را شامل می‌شود (Thoman *et al*., 1999) و منابع پروتئینی عموماً گران‌ترین ترکیب جیره بوده و به تنهایی حدود ۷۰ درصد این هزینه را به خود اختصاص می‌دهند. در حال حاضر آرد ماهی یکی از گران ترین اجزایی است که در درصدهای بالا (۳۵ تا ۵۵ درصد) در جیره های غذایی آبزیان استفاده می‌شود. درصد پروتئین بالا، هضم‌پذیری مطلوب و اشتها آور بودن آن (Miles and Chapman, 2006; Nguyen *et al*., 2009) موجب شده است تا آرد ماهی بعنوان یکی از بهترین منابع اسیدهای چرب ضروری و بهترین منبع انرژی آبزیان محسوب شود. به علت محدودیت میزان تولید و عرضه آرد ماهی در جهان و افزایش روز افزون تقاضا، قیمت آرد ماهی بسیار متغیر و روبه رشد است که این امر مدیریت هزینه تولید از طرف آبزی‌پروران را با مشکل روبرو می‌کند. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر میزان برداشت از منابع دریایی روندی نزولی داشته است (FAO, 2010). یافتن جایگزین مناسب برای تداوم رشد و توسعه صنعت آبزی‌پروری در سال‌های آینده و همچنین حفظ منابع دریایی برای آیندگان امری اجتناب ناپذیر است (Tacon *et al*., 2006). در چند سال اخیر تلاش‌های زیادی برای پیدا کردن جایگزین آرد ماهی با استفاده از منابع جانوری (Sun*etal*., 2014; Arnauld *et al*., 2016) و گیاهی(Brinker and Reiter, 2011; Ajani *et al*., 2016) صورت گرفته است. نوشتار حاضر کوششی است تا با معرفی سوسک زرد آرد به بررسی امکان نقش آفرینی حشرات در تامین نیاز غذایی آبزیان بپردازد.

رابطه حشرات و آبزیان: آبزی بودن حدود ۵ درصد از یک میلیون گونه ی حشرات شناخته شده خود به تنهایی به نقش مهم حشرات در اکوسیستم‌های آبی اشاره دارد. از ۳۲ راسته ی حشرات، نایاد (نوزاد) چهار راسته یک روزه‌ها (Ephemeroptera)، سنجاقک‌ها و آسیابک‌ها (Odonata)، بال‌موداران (Trichoptera) و مگس‌های سنگ (Plecoptera) آبزی بوده و در تعاملی نزدیک با سایر آبزیان از جمله ماهی‌ها می‌باشند. همچنین در دیگر راسته‌های حشرات از جمله سخت بالپوشان (Coleoptera)، دوبالان (Diptera) و نیم سخت بالپوشان (Hemiptera) گونه‌های آبزی متعددی وجود دارد. با توجه به دشواری پرورش حشرات آبزی در دهه‌های اخیر (Ogunji *et al*., 2006) گونه‌های متعددی از حشرات غیرآبزی از جمله ملخ‌ها (Nnaji and Okoye, 2004)، پروانه‌ها (Anvo *et al*., 2016)، مگس‌ها (Gaffigan, 2017) و سوسک‌ها (Barroso *et al*., 2014) که دسترسی یا پرورش آن‌ها مقرون به صرفه بوده است برای تامین نیاز غذایی آبزیان مورد توجه قرار گرفته‌اند. سوسک زردآرد (*Tenebrio molitor*) یکی از معدود حشراتی است که با داشتن ترکیبات نسبتا مشابه با آرد ماهی (جدول۱) و هزینه تولید نسبتا پایین به عنوان یکی از گزینه‌های جایگزین آرد ماهی مورد توجه می‌باشد.

جدول۱ : مقایسه ترکیبات تشکیل دهنده آرد ماهی با آرد لارو سوسک زرد آرد

نوع آرد	ماده خشک (درصد)	پروتئین خام (درصد)	چربی خام (درصد)	فیبر خام (درصد)	خاکستر (درصد)	سدیم (گرم در ۱۰۰ گرم)	کلسیم (گرم)	پتاسیم (گرم)	فسفر (گرم)	انرژی (کیلوژول/ ۱۰۰گرم)
ماهی	۹۰/۲۱	۷۱/۴۶	۷/۹۷	۱/۱۸	۷/۳۳	۰/۹۱	۳/۵۳	۰/۹۶	۲/۴۰	۲۰۷۵
لارو سوسک زرد آرد	۹۶/۴۰	۵۱	۳۱/۱	۵/۷۷	۳/۷	۱/۱	۲/۷	۸/۹	۷/۸	۲۵۳۲

معرفی سوسک زرد آرد:

جایگاه رده‌بندی: سوسک زرد آرد از راسته سخت بالپوشان (سوسک‌ها) بالا خانواده Tenebrionoidea، خانواده Tenebrionidae است.این خانواده که به سوسک‌های تاریک- زی معروف هستند یکی از خانواده‌های مهم سلسله جانوری محسوب می‌شوند. گونه‌های توصیف شده آن به بیش از هزار گونه می‌رسد که بطور قابل توجهی بیش از گونه‌های شناخته شده بسیاری از جانوران از جمله پرندگان است. آن‌ها بیشتر

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

در محل‌های تاریک و نمناک مانند زیر تخته سنگ‌ها و برگ‌های ریخته شده زندگی می‌کنند. رژیم غذایی آن‌ها بیشتر پوسیده خواری است و نقش مهمی در زیست بوم‌ها در تجزیه بقایای گیاهی و جانوری دارند. تعداد کمی از آن‌ها به‌علت تغذیه از محصولات انباری دارای اهمیت اقتصادی قابل توجه می‌باشند (Watt, 1974).

زیست‌شناسی و اکولوژی: هرچند سوسک زرد آرد بومی اروپا است، ولی امروزه دارای پراکنشی جهانی بوده و در اکثر مناطق دنیا یافت می‌شود. از دیدگاه خسارت‌زایی، حشره‌ای با درجه اهمیت متوسط است و از انواع غلات و فرآورده‌های آسیاب شده آن‌ها تغذیه می‌کند. هرچند آن‌ها غلات در حال پوسیدگی و یا آسیاب شده دارای رطوبت را ترجیح می‌دهند ولی می‌توانند از مواد دیگری چون آرد، سبوس، نان، گوشت، پر پرندگان و حشرات مرده نیز تغذیه نمایند. آن‌ها در مرحله لاروی از جنین و بخش‌های نرم دانه‌ها تغذیه می‌کنند، ولی در مرحله حشره کامل بیشتر از سایر حشرات موجود در محیط تغذیه می‌نمایند. در طبیعت فرم زمستان‌گذران به‌صورت لارو می‌باشد که در بهار و یا اوایل تابستان بعد از طی مرحله شفیرگی به حشره کامل تبدیل می‌شوند (شکل ۱) (ارباب، ۱۳۹۱).

شکل۱: مراحل زندگی سوسک زرد آرد

میزان زادآوری حشرات ماده بین ۵۰۰-۱۶۰ تخم متغیر است. ولی بطور متوسط ۲۷۶ عدد تخم تولید می‌کنند. طول دوره تخمگذاری با توجه به شرایط محیطی بین ۱۳۷-۲۲ روز متغیر است. طول دوره رشد جنینی (تخم) به شدت تحت تاثیر دما قرار دارد؛ برای مثال طول این دوره در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد، ۱۹روز و در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد با همین مقدار رطوبت ۱۴ روز است. در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد تخم‌ها تفریخ نمی‌شوند. لاروهای تازه از تخم خارج شده ۲ میلیمتر طول داشته و سفید رنگ هستند. آن‌ها بعد از تغذیه کردن به رنگ قهوه‌ای روشن در می آیند و طول آن‌ها به ۳-۲ سانتیمتر می‌رسد. در شرایط مساعد طول دوره لاروی ۳ ماه و در شرایط نامساعد تا ۲ سال می‌باشد. آنها بین ۸ تا بیش از ۲۰ مرتبه در طول مرحله لاروی پوست‌اندازی می‌کنند. لاروهای کامل اندکی قبل از شفیره شده کنار هم جمع شده و به جستجوی محلی برای شفیره شدن می‌پردازند. شفیره‌ها فاقد پیله بوده و حدود یک سانتیمتر طول دارند. طول دوره شفیرگی نیز متاثر از درجه حرارت محیط است. به‌طوری‌که بین ۵ تا ۴۰ روز می‌تواند متغیر باشد. طول عمر حشرات کامل ۹۶-۳۷ روز است. جفتگیری یک هفته بعد از خروج از شفیرگی آغاز و تا پایان عمر چند مرتبه تکرار می‌شود (Ghaly and Alkoaik, 2009). دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۵ درصد با ۱۶ ساعت روشنایی بهترین شرایط برای رشد و نمو این حشره است. در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد طول عمر حشرات کامل به حداقل می‌رسد. مرحله شفیرگی مقاوم‌ترین و تخم و لارو سن یک حساس‌ترین مراحل به دما و رطوبت هستند. دمای حداقل و حداکثر کشنده به ترتیب ۱۰ و ۳۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. بیشترین نرخ تولید مثل در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انجام می‌شود. لاروها می توانند در دمای ۵- درجه سانتیگراد تا ۸۰ روز زنده بمانند (ارباب، ۱۳۹۶).

ترکیبات تشکیل‌دهنده: سوسک زرد آرد مانند سایر جانداران از آب، مواد آلی و مواد معدنی تشکیل شده است (جدول ۲). تناسب بین این ترکیبات بستگی زیادی به مرحله زندگی، نوع رژیم غذایی و شرایط محیط پرورش دارد. بررسی‌های یو و همکاران (Yoo *et al.*, 2013) نشان می‌دهد که محتوی تشکیل دهنده لاروها که در دو کشور متفاوت (چین و کره) پرورش یافته‌اند باهم متفاوت است (جدول۳). درصد ماده خشک، پروتئین خام، میزان فسفرو اسید چرب کل در رژیم غذایی متفائت متغیر می‌باشد. اونینس و همکاران (Oonincx *et al.*, 2015) نشان داده‌اند که لاروهایی که از غذاهای دارای پروتئین و چربی بالا تغذیه می‌کنند در مقایسه با لاروهایی که از غذاهای دارای پروتئین و چربی کم تغذیه می‌کنند حاوی درصد ماده خشک، پروتئین خام و فسفر بیشتری هستند ولی اسید چرب کل آن‌ها کمتر است (جدول ۴). پروفایل اسیدهای آمینه موجود در لاروها نیز تحت تاثیر رژیم غذایی آن‌ها قرار می‌گیرد. برای مثال بررسی‌ها نشان می‌دهد میزان متیونین در لاروهای تغذیه شده با رژیم‌های غذایی متفاوت می‌تواند بین ۱/۷۳-۱/۰۱ گرم در ۱۰۰ گرم متغیر باشد (ارباب، ۱۳۹۶). میزان عناصر معدنی نیز از این قانون پیروی می‌کند و هنگامی که لاروها با غذاهای حاوی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

کلسیم تغذیه می‌شوند، محتوی کلسیم آن‌ها می‌تواند ۵ تا ۲۰ برابر شود. در طی مراحل لاروی درصد ماده خشک دستخوش تغییر می‌شود به‌طوری‌که مقدار آن از ۲۴/۲ درصد در لاروهای تازه از تخم خارج شده به ۴۲/۲ درصد در لاروهای کامل می‌رسد (Mellanby, 1932) (جدول۵).

جدول۲ : مقایسه درصد ترکیبات تشکیل دهنده لارو های زنده و خشک (Siemianowska *et al*., 2013).

مرحله ی زندگی	ترکیبات تشکیل دهنده			
	آب	پروتئین	چربی	خاکستر
لارو زنده	۵۶/۲۷	۱۷/۹۲	۲۱/۹۳	۱/۵۵
پودر لارو خشک شده	۲/۴۳	۴۴/۷۲	۴۲/۴۸	۳/۶۹

جدول۳ : مقایسه محتوی تشکیل دهنده لارو سوسک زرد آرد پرورش یافته در چین و کره (Yoo *et al*., 2013).

محتوی تشکیل دهنده لارو(درصد، وزنی/ وزنی)	لارو پرورش یافته در چین	لارو پرورش یافته در کره
رطوبت	۳/۷۲	۲/۹۰
پروتئین خام	۵۲/۹۹	۵۰/۳۲
چربی خام	۲۷/۲۵	۳۳/۷۰
خاکستر خام	۴/۲۸	۳/۷۳
فیبر خام	۴/۷۰	۴/۸۱
هیدرات کربن	۱۱/۷۷	۹/۳۲

جدول۴: درصد ماده خشک، پروتئین خام، فسفر(گرم/کیلوگرم ماده خشک) و اسید چرب کل سوسک زرد آرد تغذیه کرده از رژیم‌های غذایی مختلف (Oonincx *et al*., 2015).

نوع رژیم غذایی	درصد ماده خشک	پروتئین خام	فسفر	مجموع اسید چرب
دارای پروتئین و چربی بالا	۴۱/۵	۵۳/۶	۸/۹	۲۶/۵
دارای پروتئین بالا و چربی کم	۳۶/۷	۵۳/۵	۸/۸	۲۳
دارای پروتئین کم و چربی بالا	۳۷/۲	۴۴/۴	۸/۸	۲۶/۸
دارای پروتئین کم و چربی کم	۳۸/۲	۴۷/۵	۸/۲	۲۸/۵
شاهد ۱	۳۹/۸	۵۲/۴	۹/۷	۲۷
شاهد ۲	۳۹/۲	۴۹/۲	۷/۷	۳۰/۹
دارای پروتئین و چربی بالا + هویج	۳۲/۳	۵۱/۳	۸/۳	۲۲/۶
دارای پروتئین بالا و چربی کم+ هویج	۳۵/۱	۵۳/۳	۸/۴	۲۳/۶
دارای پروتئین کم و چربی بالا+ هویج	۳۴/۸	۴۴/۱	۷/۸	۲۷/۲
دارای پروتئین کم و چربی کم+ هویج	۳۰/۲	۴۸/۳	۷/۹	۲۴/۸
شاهد ۱+ هویج	۳۵	۵۰/۴	۹/۲	۲۴/۸
شاهد ۲+ هویج	۳۶	۴۷/۸	۷/۹	۳۴/۵

جدول۵ : درصد ماده خشک در مراحل مختلف لاروی سوسک زرد آرد (Mellanby, 1932)

درصد ماده خشک	دامنه وزن لارو (میلیگرم)	متوسط وزن لارو(میلیگرم)
۲۴/۲	-	۰/۵۵ (لارو تازه از تخم خارج شده)
۳۶/۲	-	۱/۴
۳۷/۶	۱۹-۱۰۲	۵۸
۴۰/۵۱	۶۰-۱۰۰	۸۸
۴۲/۴	۸۰-۱۶۰	۱۱۸
۴۱/۲	۶۰-۱۹۰	۱۲۵
۴۲/۲	بیش از ۱۵۰	۱۷۴

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

مواد آلی: مهمترین ترکیبات آلی بدن موجودات زنده از جمله سوسک زرد آرد عبارت است از پروتئین‌ها، چربی‌ها و هیدرات‌های کربن. همانگونه که در جدول ۶ نشان داده شده است پروتئین‌ها بیشترین و هیدرات‌های کربن (فندها) کمترین سهم را در ساختار این حشره دارند. از طرف دیگر ترکیبات تشکیل دهنده مراحل زندگی نیز با هم متفاوت هستند. لاروها چربی و هیدرات کربن بیشتری دارند درحالیکه شفیره‌ها از پروتئین بیشتری برخوردار هستند. در ادامه به بررسی بیشتر هر یک از این ترکیبات می‌پردازیم.

جدول۶ : تفاوت ترکیبات تشکیل دهنده لارو و شفیره سوسک زرد آرد (Morales-Ramos *et al*., 2015).

ترکیبات تشکیل دهنده (٪ وزن خشک)	لارو	شفیره
پروتئین کل	۵۳	۶۰
پروتئین محلول	۱۴/۵	۲۳
چربی	۳۶	۳۲
قند	۱	۰/۸۶

پروتئین‌ها: تقریبا نیمی (۵۳-۴۵ درصد) از وزن خشک لاروهای سوسک زرد آرد را پروتئین تشکیل می‌دهد. که تقریبا یک سوم آن بصورت محلول است. همانطور که می‌دانیم اسیدهای آمینه اجزای تشکیل دهنده پروتئین‌ها هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهد مقدار و نوع اسیدهای آمینه‌های موجود در حشرات کامل و لاروها با هم متفاوت است (Finke, 2007; Makkar *et al*., 2014). گلوتامیک اسید و سیستئین به ترتیب بیشترین و کمترین اسید آمینه موجود در لاروها هستند (جدول ۷). باید توجه داشت که مقادیر اشاره شده مربوطه به رژیم غذایی استاندارد است و با تغییر رژیم غذایی، سن و مرحله زندگی مقدار بعضی از اسیدهای آمینه به خصوص اسید آمینه‌های ایزولوسین، لوسین، تریپتوفان و متیونین تغییر می‌نماید. بررسی‌های Morales-Ramos و همکاران (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد مقدار پروتئین محلول در سنین مختلف لارو و شفیره نیز دارای تغییراتی است. همانگونه که در جدول ۸ نشان داده شده است بیشترین مقدار پروتیین در لاروهای سن آخر و شفیره‌های با طول عمر ۵ روز می‌باشد.

جدول۷: درصد اسید های آمینه در لارو های خشک (Jin *et al*., 2016).

آسید امینه	مقدار (درصد)	آسید امینه	مقدار (درصد)
Aspartic acid	۳/۰۷	Glycine	**۲/۰۴**
Cysteine	۰/۳۵	Histidine	**۱/۰۷**
Methionine	۰/۵۴	Proline	**۲/۲۳**
Lysine	۱/۸۶	Phenylalanine	**۱/۳۶**
Isoleucine	۱/۳۹	Serine	**۱/۸۶**
Leucine	۲/۸۱	Threonine	**۱/۵۷**
Glutamic acid	۴/۵۷	Valine	**۳/۱۴**

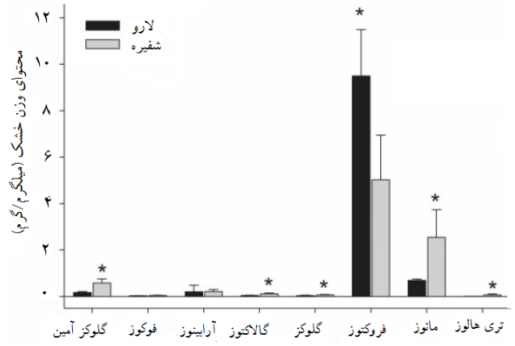
جدول۸: تغییرات مقدار پروتئین محلول در سنین مختلف لارو و شفیره سوسک زرد آرد (Morales-Ramos *et al*., 2015).

مرحله زندگی و سن	درصد وزن زنده	درصد وزن خشک
لارو (هفتمین سن قبل از شفیرگی)	۵/۶۶	۱۴/۸۶
لارو (پنجمین سن قبل از شفیرگی)	۵/۳۲	۱۳/۹۷
لارو (اولین سن قبل از شفیرگی)	۵/۴۹	۱۴/۴۱
شفیره ۲ روزه	۵/۹۰	۱۶/۰۲
شفیره ۵ روزه	۱۰/۴۳	۲۸/۳۲
شفیره ۷ روزه	۹/۰۹	۲۴/۶۹

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

کربوهیدرات‌ها: همانگونه که قبلا اشاره شد کربوهیدرات‌ها تقریبا یک درصد وزن خشک سوسک زرد آرد را تشکیل می‌دهند. میزان انواع قندها در لارو و و شفیره توسط Morales-Ramos و همکاران (۲۰۱۵)، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد در میان ۸ قند موجود در لارو و و شفیره فروکتوز ($C_6H_{12}O_6$,Fructose) دارای بیشترین و فوکوز ($C_6H_{12}O_5$,Fucose) دارای کمترین غلظت در لارو و شفیره است. میزان فروکتوز در لارو ها تقریبا دو برابر شفیره‌ها است. در عوض مقدار مانوز در شفیره‌ها تقریبا سه برابر لاروها است (شکل۲). میزان گلیکوژن که یک پلی ساکارید است در لاروهای زنده و خشک شده تقریبا ۵ درصد وزن خشک آن‌ها را تشکیل می‌دهد (جدول۹).



شکل۲: مقایسه میزان انواع قندها در لارو و و شفیره سوسک زرد آرد(Morales-Ramos *et al.*, 2015).

جدول۹: میزان کربوهیدرات لارو سوسک زردآرد (Mellanby, 1932).

وضعیت لارو	درصد گلیکوژن		درصد قند ها	
	از وزن زنده	از وزن خشک	از وزن زنده	از وزن خشک
زنده	۲/۰۴	۴/۹	۱/۲	۳
خشک شده	½	۵	۱	۲/۶

چربی: مقدار چربی لارو، شفیره و حشره کامل در جدول ۱۰ ارایه شده است. در بین مراحل زندگی شفیره ها بیشترین و حشرات کامل کمترین مقدار چربی را دارند. البته باید توجه داشت که نوع تغذیه (سیستم پرورش) اثر مستقیمی بر میزان چربی دارد. بررسی های لی و همکاران (Li *et al.*, 2012) نشان می‌دهد که لاروهایی که از ضایعات گیاهی تغذیه می‌کنند در مقایسه با آن‌هایی که از سبوس گندم تغذیه می‌کنند دارای چربی کمتری هستند. چربی‌ها در ساختار بدن حشرات به اشکال گوناگون وجود دارند. در سوسک زرد آرد نیز انواع چربی‌ها شامل چربی‌های قطبی، گلیسرول‌ها، استرول‌ها، اسیدهای چرب، تری گلیسرول‌ها و استرهای استرول‌ها دیده می‌شوند. همان‌گونه که در جدول ۱۱ به آن اشاره شده است با توجه به نوع چربی، درصد ترکیب نسبی آن‌ها در همولنف، بافت چربی و ماهیچه‌ها که مراکز اصلی تجمع چربی‌ها هستند، متفاوت است. برای مثال بیشترین غلظت چربی‌های قطبی در همولنف، بیشترین غلظت تری گلیسرول‌ها در بافت چربی و بیشترین اسیدهای چرب آزاد نیز در ماهیچه‌ها وجود دارد (جدول ۱۲). نوع و مقدار اسیدهای چرب در لاروها و شفیره‌ها با هم متفاوت است. برای نمونه مقدار اسید چرب اولئیک موجود در لاروها در مقایسه با شفیره‌ها بسیار ناچیز است ولی اسیدهای چرب لینولئیک و آراشیدونیک در شفیره‌ها بیشتر است (شکل۳). Oonincx و همکاران (۲۰۱۵)، ترکیب اسیدهای چرب لاروها را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج ارایه شده نشان می‌دهد *اولئیک*اسید (C18 1n9) که جزو اسیدهای چرب غیراشباع دارای یک پیوند دوگانه است، دارای بیشترین درصد اسیدهای چرب (۶۰-۴۱) و اسید لوریک که جزو اسیدهای چرب اشباع است، دارای کمترین مقدار (۱/۲-۰) است (جدول ۱۳).

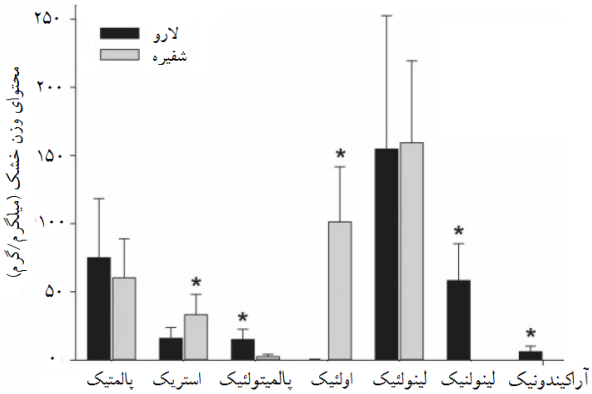
جدول۱۰: میزان چربی لارو شفیره و حشره کامل سوسک زرد آرد (Manzano-Agugliaroa *et al.*, 2012).

مرحله رشد	محل پرورش	درصد چربی (ماده خشک)
حشره کامل	آزمایشگاه	۱۴/۹-۱۸/۴
شفیره	طبیعت	۳۶/۶
شفیره	آزمایشگاه	۳۰/۸-۴۱/۵
لارو	آزمایشگاه	۳۰/۱-۳۵/۲
لارو	طبیعت	۳۸/۲

جدول۱۱: درصد ترکیب نسبی چربی‌های کل در همولنف، بافت چربی و ماهیچه لارو سوسک زرد آرد (Uner, 1988)

فراکسیون های چربی	درصد تشکیل دهنده		
	همولنف	بافت چربی	ماهیچه
چربی های قطبی	۶۶/۶۴	۱۴/۶۱	۵۷/۲۸
منوگلیسرول ها	۲/۹۶	۱/۱۸	-
۱،۲ دی اسیل گلیسرول ها	۸/۷۶	۲/۰۱	۲/۳۹
۱،۳ دی اسیل گلیسرول ها	۴/۰۱	-	-
استرول ها	۵/۶۰	۴/۱۰	۴/۹۲
اسید های چرب آزاد	۴/۱۸	۴/۰۲	۵/۴۸
تری گلیسرول ها	۶/۵۳	۷۰/۱۶	۲۸/۹۶
استرهای استرول ها	۱/۳۲	۳/۹۲	۰/۹۷

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]



شکل ۳: مقایسه میزان انواع اسید های چرب در لارو و شفیره سوسک زرد آرد(Morales-Ramos et al., 2015).

جدول۱۲ : درصد ترکیب نسبی چربی های خنثی در هملونف، بافت چربی و ماهیچه لارو سوسک زرد آرد (Uner, 1988)

فراکسیون های چربی	درصد تشکیل دهنده		
	هملونف	بافت چربی	ماهیچه
منوگلیسرول ها	۸/۸۷	۱/۳۸	-
۱،۲ دی اسیل گلیسرول ها	۲۶/۲۶	۲/۳۵	۵/۵۹
۱،۳ دی اسیل گلیسرول ها	۱۲/۰۲	-	-
استرول ها	۱۶/۷۹	۴/۸۰	۱۱/۵۲
اسید های چرب آزاد	۱۲/۵۳	۴/۷۱	۱۲/۸۳
تری گلیسرول ها	۱۹/۵۷	۸۲/۱۶	۶۷/۷۹
استرهای استرول ها	۳/۹۶	۴/۵۹	۲/۲۷

جدول۱۳: ترکیب اسید های چرب لارو سوسک زردآرد (Oonincx *et al.*, 2015)

نوع اسید چرب	مقدار (درصد کل اسید های چرب)
اسید های چرب اشباع	
اسید لوریک C12:0	۰-۱/۲
اسیدمیریستیک C14:0	۱/۱-۸/۲
اسید پالمتیک C16:0	۱۱-۲۳
اسید استاریک C18:0	۱-۴/۵
اسید های چرب غیر اشباع دارای یک پیوند دوگانه	
اسید پالمیتولئیک C16:1 (امگا ۷)	۱/۶-۴/۷
اسید اولئیک C18:1 (امگا ۹)	۴۰-۶۱
اسید های چرب غیر اشباع دارای بیش از یک پیوند دوگانه	
اسید لینولئیک C18:2 (امگا ۶)	۱۵-۳۱
اسید آلفا لینولنیکC18:3 (امگا ۳)	۰/۳-۱/۳

بررسی‌های یو و همکاران (Yoo *et al.*, 2013) نشان داده است که پرورش لاروهای سوسک زرد آرد در دو منطقه متفاوت (چین و کره) می‌تواند ترکیب اسیدهای چرب موجود در آن‌ها را تغییر دهد. لاروهای پرورش یافته در کره دارای اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع بیشتری هستند. آلوس و همکاران (Alves *et al.*, 2016) نیز اثبات کرده‌اند که رژیم غذایی اثر مستقیمی بر درصد اسیدهای چرب موجود در لاروها دارد. لاروهایی که با نوعی رژیم غذایی حاوی پودر نوعی نخل (*Acrocomia aculeata*) تغذیه شده بودند دارای اسید های چرب بیشتری هستند (جدول ۱۴).

جدول ۱۴: درصد اسید های چرب موجود در لارو سوسک زرد آرد تغذیه شده با دو رژیم غذایی متفاوت (Alves *et al.*, 2016).

اسید های چرب	رژیم غذایی	
	(۱)	(۲)
کاپریلیک اسید	-	۰/۱۲
لوریک اسید	۰/۵۳	۰/۶۴
میریستیک اسید	۴/۲۶	۴/۳۵
پالمیتیک اسید	۲۱/۰۷	۲۱/۱۸
استاریک اسید	۶/۸۸	۶/۹۵
آراکیدونیک اسید	۰/۴۶	۰/۴۸
پالمیتولئیک اسید	۱/۸۷	۱/۸۹
اولئیک اسید	۵۲/۷۸	۵۳/۰۹
لینولئیک اسید	۱۱/۴۵	۱۰/۷۸
آلفا لینولئیک اسید	۰/۱۸	۰/۲۳
اسید های چرب اشباع	۰/۳۹	۰/۲۷
اسید های چرب غیر اشباع دارای یک پیوند دوگانه	۳۳/۲	۳۳/۷۲
اسید های چرب غیر اشباع دارای بیش از یک پیوند دوگانه	۵۴/۶۵	۵۴/۹۸

رژیم غذایی (۱) ٪ ۵۰ آرد گندم٪ ۵۰ آرد سویا رژیم غذایی (۲) ٪ ۵۰ رژیم غذایی (۱) به اضافه ٪ ۵۰ آرد *Acrocomiaaculeata*

مواد معدنی و خاکستر: در جدول ۱۵، مواد معدنی تشکیل دهنده لارو ارایه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود لاروها غنی از آهن، روی و پتاسیم هستند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

جدول ۱۵: مواد معدنی لارو سوسک زردآرد (Makkar *et al*., 2014; Hopley, 2016)

گرم/ کیلوگرم ماده خشک								
کلسیم	فسفر	پتاسیم	منیزیم	آهن	منگنز	آلومینیوم	سدیم	روی	مس
۲/۷	۷/۸	۸/۹	۲/۳	۵۷	۹	۱۳	۱/۱	۱۱۶	۱۶
میلی گرم / کیلوگرم ماده خشک									

کیتین: به طور کلی یافته های به دست آمده از اثر کیتین بر آبزیان متفاوت است. افزایش کیتین تا ۲ درصد باعث کم شدن کارایی جذب پروتئین می‌شود و از آنجا که میزان کیتین موجود در لارو این حشره در حدود ۴/۵ درصد وزن توده خشک است می‌تواند در کاهش روند رشد تأثیرگذار باشد. ولی مشاهدات نشان می‌دهد ماهی‌ها به‌طور طبیعی از سخت پوستان تغذیه می‌کنند که میزان کیتین آن‌ها به مراتب بیشتر از حشرات است (Barroso *et al*., 2014).

کاربرد در آبزی‌پروری:

استفاده به صورت غذای زنده: به کارگیری غذاهای زنده در ترکیب جیره های اصلی می تواند باعث تحریک اشتهای ماهیان شود که در این بین لارو حشرات به دلیل رنگ، تحرک و اندازه مناسب توجه آبزیان را به خود جلب کرده و علاوه بر ارضاء حس شکارگری نیاز غذایی آنها را نیز تأمین می‌کند (چراغعلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). لارو سوسک زرد آرد یکی از غذاهای زنده‌ای است که اکنون به صورت بسیار محدود درتغذیه برخی ماهیان زینتی کاربرد دارد. لاروها تقریبا برای همه ماهی‌هایی که اندازه آن‌ها بیش از ۱۰ سانتیمتر است مناسب می‌باشد. پروتئینازهای موجود در معده این لارو موجب هضم بهتر غذا در ماهیانی می‌شوند که از آن‌ها تغذیه می‌کنند.

استفاده به صورت آرد: یکی دیگر از کاربردهای رو به گسترش این حشره استفاده از آرد (پودر) کامل لاروها یا شفیره‌ها است. این آرد بعنوان بخشی از فرمولاسیون جیره غذایی آبزیان جایگزین آرد ماهی یا آرد سویا می‌گردد. در ادامه به نتایج چند تحقیق اشاره می‌شود.

گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*): Ng و همکاران (2001) از لاروهای زنده و خشک شده سوسک زرد آرد به‌عنوان منبع تامین پروتئین گربه ماهی آفریقایی استفاده کرده اند. آن‌ها با جایگزینی۴۰ درصد از پودر ماهی با پودر لارو سوسک زرد آرد مشاهده کرده‌اند که رشد و بهره‌وری تغذیه در این ماهی‌ها با ماهی‌هایی که از جیره عادی استفاده می‌کرده‌اند شباهت دارد. آن‌ها همچنین بیان داشته‌اند که گربه ماهی‌هایی که از جیره‌هایی که ۸۰ درصد پودر ماهی با جایگزینی با لارو سوسک زردآرد تغذیه شده بودند هنوز از رشد خوب و راندمان مصرف غذا ی مناسبی برخوردار بوده‌اند. گربه ماهی‌هایی که فقط از لاروهای زنده تغذیه می‌کنند کمی کاهش رشد نشان می‌دهند ولی ماهی‌هایی که در صبح از لاروهای زنده و در بعدازظهر از غذاهای تجاری تغذیه می‌کنند رشد بهتری نسبت به ماهی هایی که فقط از غذاهای تجاری تغذیه می‌کنند دارند. لاروهای زنده و خشک شده سوسک زرد آرد بسیار خوش طعم هستند. لاشه گربه ماهی‌هایی که رژیم غذایی آن‌ها مبتنی بر لارو سوسک زردآرد باشد به طور قابل توجهی چربی دارند.

در مطالعه ی دیگری که توسط Piccolo و همکاران (2014) صورت گرفته است نشان می‌دهد که جایگزین کردن ۲۵ درصد پروتئین آرد ماهی با پودر لارو سوسک زردآرد در جیره بچه ماهی‌های سرطلایی دریایی (*Sparus aurata*) هیچگونه عوارض جانبی بر عملکرد رشد آن‌ها نداشته است. بررسی‌های Gasco و همکاران (2014) نیز روی ماهی خاردار اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) همین نتیجه را داشته است. بطوریکه اگر ماهی‌ها با جیره های غذایی که ۲۵ درصد پروتئین آنها با پودر لارو سوسک زردآرد تامین شده باشد، تغذیه شوند، شاخص‌های رشد آن‌ها کاهش نخواهد یافت.

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*): Belforti و همکاران (2015) اثر گنجاندن رژیم غذایی بدون چربی با استفاده از پودر فرآوری شده لارو سوسک زردآرد با نام تجاری Ynsect TMP- 465 را بر رشد، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک، ترکیب بدن و هضم ظاهری مواد مغذی در ماهی قزل آلای رنگین کمان بررسی کرده‌اند. پنج نوع رژیم غذایی شامل یک رژیم غذایی حاوی ۲۵ درصد پودر ماهی (شاهد) و ۴ نوع رژیم غذایی آزمایشی که به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد پودر ماهی با غذای تجاری ذکر شده جایگزین شده بود مورد بررسی قرار گرفته است. همه پنج جیره غذایی بصورت یکنواخت آماده شده‌اند و شامل مقادیر مشابهی از پروتئین خام (۴۸/۵٪)، چربی (۲۲/۷٪) و انرژی خام (kJ۲۳/۲ / گرم) بودند.

میزان بقای ماهی‌ها در تمام رژیم‌های غذایی ۱۰۰٪ گزارش شده است. وزن ماهی‌های تغذیه شده با رژیم

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

غذایی Y25 (۱۰۰٪ جایگزینی پودر ماهی)، ۸ برابر افزایش نشان داده است. که در مقایسه با وزن نهایی بدن ماهی‌های شاهد حدود ۴۱ درصد بالاتر می‌باشد (جدول ۱۶). وزن نهایی بدن ماهی یک پاسخ وابسته به دوز برای گنجاندن TMP-465 در رژیم غذایی را نشان داد به طوریکه با افزایش میزان جایگزینی پودر لارو سوسک زردبا پودر ماهی، بر وزن ماهی ها افزوده شده است. نرخ رشد خاص ماهی‌ها از یک الگوی مشابه که بین ۳ تا ۳/۵۷٪ در روز متغیر بوده است پیروی کرده است. به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که غذای TMP-465 می‌تواند به‌طور کامل جایگزین پودر ماهی در رژیم غذایی بچه ماهی‌های قزل آلای رنگین کمان و سایر ماهیان آزاد قرار گیرد و اثر مثبتی بر ضریب تبدیل غذا و رشد آن‌ها داشته باشد.

جدول۱۶ :وضعیت بچه ماهی های قزل آلای رنگین کمان بعد از ۶۰ روز تغذیه از رژیم های غذایی مختلف (Belforti *et al*., 2015).

شاخص مورد ارزیابی	رژیم غذایی				
	شاهد	۱	۲	۳	۴
وزن نهایی (گرم)	۳۰/۲۷	۳۱/۵۷	۳۴/۸۵	۳۷/۱۵	۴۲/۸۷
نرخ رشد (درصد/ روز)	۳	۳/۱۰	۳/۲۴	۳/۳۱	۳/۵۷
غذای خورده شده	۲/۶۳	۲/۴۹	۲/۳۰	۲/۲۸	۲/۲۳
نرخ تبدیل غذا	۱/۱۰	۱/۰۲	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۵
نرخ کارایی پروتئین	۲/۰۱	۲/۱۷	۲/۴۰	۲/۴۶	۲/۵۶

ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*): بررسی های چراغعلی زاده و همکاران(۱۳۹۳) نشان داده است که اضافه نمودن آرد لارو سوسک زرد آرد به میزان ۶ درصد درجیره غذایی موجب بهبود شاخص های رشد نوزادان ماهی شیپ که یکی از انواع تاس ماهیان است، می‌شود.

میگوی پا سفید (*Litopenaeus vanname*): Chung و همکاران (2015) در تحقیقی اثر ۴ نوع پودر ماهی را که منبع پروتئینی آن به ترتیب دارای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد پودر سوسک زرد آرد بود، را بر رشد و نمو میگوی پا سفید مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی آن‌ها بعد از ۸ هفته نشان داد که میگوهایی که ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز پروتئینی خود را از لارو سوسک زردآرد تامین نموده بودند دارای وزن زنده بیشتر (وزن آن‌ها از ۲/۴۳ گرم به ۸ گرم افزایش یافته بود) نرخ رشد و ضریب تبدیل غذای بیشتری نسبت به شاهد بودند. این تحقیق بیانگر آن است که پودر لارو سوسک زرد آرد نه تنها می تواند جایگزین منبع پروتئین در پودر ماهی شود بلکه از کارایی بیشتری هم برخوردار است.

نتیجه‌گیری: بررسی نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد سوسک زرد آرد پتانسل بالایی برای تامین نیاز های غذایی صنعت آبزی پروری خصوصا آبزیان زینتی را دارد. این حشره از چرخه زندگی نسبتا کوتاهی برخوردار است. پرورش آن با استفاده از طیف وسیعی از ضایعات کشاورزی و حتی دامی با هزینه کم امکان پذیر است. از طرف دیگر در دسترس بودن، عدم تولید گازهای گلخانه‌ای و همچنین مصرف آب پایین در فرآیند تولید آن، همگی نوید بخش جایگزینی موفق آن با آرد ماهی و آرد سویا را می‌دهد.

منابع:

ارباب، ع.، ۱۳۹۱. آفت شناسی محصولات انباری و مدیریت آن‌ها. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۰۰ ص.

ارباب، ع.، ۱۳۹۶. حشره شناسی صنعتی: جلد اول: سوسک زرد آرد (میلورم) (Col.: Tenebrionidae) *Tenebrio molitor* آشنایی، پرورش، فرآوری و کاربردها. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ۲۱۵ ص.

چراغعلی‌زاده، ل.، شمسایی، م.، یزدانی ساداتی، م. ع.، کمالی، ا.، عبداله تبار، س. ی. و چراغعلی زاده، ط.، ۱۳۹۳. اثرات لارو سوسک گوشت خوار (*Tenebrio molitor*) در جیره غذایی برخی شاخص های رشد و بقاء بچه ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*). شیلات، ۸ (۱): ۵۴-۴۳.

Ajani, E.K., Orisasona, O., Omitoyin, B.O. and Osho, E.F., 2016. Total replacement of fishmeal by soybean meal with or without methionine fortification in the diets of nile

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Fisheries and Aquatic Science. 11: 238-243.

Alves, A.V., Sanjinez-Argandoña, E.J., Linzmeier, **A.M., Cardoso, C.A.L. and Macedo, M.L.R., 2016.** Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. PLoS ONE 11(3): e0151275. DOI:10.1371/journal.pone. 0151275.

Anvo, M.P.M, Toguyéni, A.,Otchoumou, A. K., Zoungrana-Kaboré, C.Y. and Kouamelan, E. P., 2016 . Evaluation of *Cirina butyrospermi* caterpillar's meal as an alternative protein source in *Clarias gariepinus*(*Burchell*, 1822) larvae feeding. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 4(6): 88-94.

Arnauld, S.M., Djissou, D.C., Shunsuke, A., Emile, K. and Fiogbe, D., 2016. Complete replacement of fish meal by other animal protein sources on growth performance of *Clarias gariepinus* fingerlings**.** International Aquatic Research, 8(4), 333–341.

Barroso, F.G., Haro, C. de, Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchezm, A. and Pérez-Bañón, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. Aquaculture. 422–423,193–201.

Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., De Marco, M., Dabbou, S., Schiavone, A., Zoccarato, I. and Gasco, L., 2015.*Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. Italian Journal of Animal Science. 14:4170.

Brinker, A. and Reiter, R., 2011. Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. Aquaculture, 310(3-4): 350-360.

Chung, T., Park, C., Shin, G., Kim, J., Kim, S. and Kim, N., 2015. Nutritive advantage of mealworm (*T. molitor*) in the diet of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vanname*). World Academy of Science, Engineering and Technology: Agriculture and Biosystems Engineering: 2(7).

FAO, 2010. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome, Italy.

Finke, M.D., 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. Zoo Biology. 26: 105–115.

Gaffigan, M., 2017. Is insect protein a sustainable alternative to soy and fishmeal in poultry feed?Undergraduate Honors Theses. 1344.
https://scholar.colorado.edu/honr_theses/1344

Gasco, L., Belforti, M., Rotolo, L., Lussiana, C., Parisi, G., Terova, G., Roncarati, A. and Gai, F., 2014. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May 2014. 78 P.

Ghaly, A.E. and Alkoaik, F.N., 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(4): 319–331.

Hopley, D., 2016. The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds. Stellenbosch University https://scholar.sun.ac.za.

Jin, X.H., Heo, P.S., Hong, J.S., Kim, N.J. and Kim, Y.Y., 2016. Supplementation of dried Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood Profiles in weaning pigs. Asian Australas Journal of Animal Society. 29(7): 979-986.

Li, L.Y., Zhao, Z. and Liu, H., 2012. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bio regenerative life support systems as a source of animal protein for humans. Acta Astronautica. http://dx.doi.org/10.1016/ j.actaastro.2012.03.012

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V. and Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology. 197**:**1–33.

Manzano-Agugliaroa, F., Sanchez-Murosb, M.J., Barrosob, F.G., Martin-Sanchezc, A., Rojo, S. and Pérez-Banon, C., 2012. Insects for biodiesel production.Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16: 3744– 3753.

Mellanby, K., 1932. The effect of atmospheric humidity on the metabolism of the fasting mealworm (*Tenebrio molitor* L., Coleoptera). Proceedings of the royal society B: Biological sciences. 111(772): 376-390.

Miles, R.D. and Chapman, F.A., 2006. The benefits of fish meal in aquaculture diets. University of Florida. Document. FA 122P.

Morales-Ramos, J.A. and Rojas, M.G., 2015. Effect of larval density on food utilization efficiency of *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae). Journal of Economic Entomology, 108(5): 2259-2267.

Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P. and Wong, K.W., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquaculture Research. 32: 273–280.

Nguyen, N., Davis, D.A. and Saoud, P., 2009. Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile Tilapia, *Oreochromis* spp. Journal of the World Aquaculture Society. 40: 113-121.

Nnaji, C.J. and Okoye, F.C., 2004. Substituting fishmeal with grasshopper meal in the diet of clarias gariepinus fingerlings. National Institute of Freshwater Research, New Bussa in Collaboration with the Fishery Society of Nigeria (FISON), pp: 30 – 36.

Ogunji, J.O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C. and Rennert, B., 2006. Housefly maggot meal (Magmeal): Anemerging substitute of fishmeal in Tilapia diets.Stuttgart-Hohenheim, Conference on International Agricultural Research for Development. October 11-13, 2006.

Oonincx, D.G.A.B., van Broekhoven, S., van Huis A. and van Loon J.J.A., 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by- products. PLoS ONE, 10(12): e0144601. Doi: 10.1371/ journal.pone.0144601.

Piccolo, G., Marono, S., Gasco, L., Iannaccone, F., Bovera, F. and Nizza, A., 2014. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. In: Insects to Feed The World, The Netherlands, 14–17 May 2014. 76 P.

Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K.A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A. and Jędras, M., 2013. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. Agricultural Sciences. 4(6): 287-291.

Sun, C.X., Xu, W.N., Li, X.F., Zhang, D.D., Jiang, G.Z. and Liu, W.B., 2014. Effect of

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]

fish meal replacement with animal protein blend on growth performance, nutrient digestibility and body composition of juvenile Chinese solf-shelled turtle *Pelodiscus sinensis*. Aquaculture Nutrition, pp: 1-11.

Tacon, A.G.J., Hasan, M.R. and Subasinghe, R.P., 2006. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: Trends andPolicy Implications. FAO Fisheries Circular No. 1018, Rome, Italy. 99 P.

Thoman, E.S., Davids, A. and Arnold, C.R., 1999. Evaluation of growth out diets with varying protein and energy levels for red drum. Aquaculture. 176: 343-353.

Uner, N., 1988. Lipid composition of the fat body, haemolymph and muscle in *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. Communication Science University Ankara Series C. 6:147-157.

Watt, J.C., 1974. A revised subfamily classification of Tenebrionidae (Coleoptera). New Zealand Journal of Zoology. 1(4): 381-452.

Yoo, J.M., Hwang, J.S., Goo, T.W. and Yun, E.Y., 2013. Comparative analysis of nutritional and harmful components in Korean and Chinese mealworms (*Tenebrio molitor*). Journal of Korean Society Food Science Nutrition. 42(2): 249-254.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1397.5.1.4.7]