



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 8, No. 4, 2023, pages: 65-74
DOI: 10.22124/janb.2023.24125.1196



Evaluation of fruit and vegetable residues on nutritional indicators of barley beetle larvae, *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) for farmed fish

Abbas Arbab

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Takestan Branch,
Takestan, Iran

Received 24 September 2022

Revised 18 December 2022

Accepted 20 December 2022

KEYWORDS ABSTRACT

Nutritional
indicators
Mass breeding
Alternative
feed
Agricultural
residues

Barley beetle or superworm *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae), is an insect with various industrial uses, which has a special ability in the production of feed for poultry, aquatic animals and some pets. In this study, the effects of fruit and vegetable residues on the nutritional indices of 1200 superworm larvae was investigated for 4 weeks under temperature conditions of 27 ± 1 °C, relative humidity of 60 ± 5 % and photoperiod of 12 hours of illumination. For this purpose, the treatments of banana skin, cucumber skin, watermelon rind, lettuce leaf and carrot pomace (10 grams per day) were considered. The results of the comparison of the nutritional indicators showed that the lowest and highest relative digestibility values were found on wheat bran (7%) and watermelon rind (97%) substrates, respectively. The highest values of the indices of conversion efficiency of ingested food and also digested food related to larvae fed with wheat bran + watermelon rind were 25 and 42%, respectively. In addition, the lowest values of these indices were observed on the substrate of watermelon skin (4.50% and 5.80%, respectively). The lowest value of the relative consumption index was observed on the substrate of wheat bran + cucumber skin (2.24) and the highest value was observed on the watermelon rind (22.25). In addition, the highest specific growth rate and weight gain (%) were obtained on wheat bran + carrot pomace and wheat bran + cucumber peel substrates, respectively ($p < 0.05$). According to the results obtained, wheat bran + watermelon rind is introduced as a suitable substrate for the growth and feeding of this insect.

*Corresponding author: abbasrabab@hotmail.com





تغذیه آبزیان

سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۷۴-۶۵

DOI: 10.22124/janb.2023.24125.1196

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی پسماندهای میوه و سبزی روی شاخص‌های تغذیه‌ای نوزاد سوسک جو، *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) برای تغذیه آبزیان پرورشی

عباس ارباب

گروه حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تاکستان، تاکستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲

کلمات کلیدی

چکیده

سوسک جو یا سوپرورم (*Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae) حشره‌ای با کاربردهای متنوع صنعتی است که در تولید خوراک طیور، آبزیان و برخی حیوانات خانگی قابلیت ویژه‌ای دارد. در این بررسی تأثیر پسماندهای میوه و سبزی بر شاخص‌های تغذیه‌ای ۱۲۰۰ نوزاد سوپرورم در مدت ۴ هفته در شرایط دمایی $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی بررسی شد. برای این منظور تیمارهای پوست موز، پوست خیار، پوست هندوانه، برگ کاهو و تفاله هویج به میزان ۱۰ گرم روزانه در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از مقایسه شاخص‌های تغذیه‌ای نشان داد که کمترین و بیشترین مقدار هضم-پذیری نسبی به ترتیب روی بسترهای سبوس گندم (۰/۷) و پوست هندوانه (۰/۹۷) است. بیشترین مقادیر شاخص‌های بازدهی تبدیل غذای بلعیده شده و کارایی تبدیل غذای هضم شده مربوط به نوزادهای تغذیه شده از سبوس گندم + پوست هندوانه به ترتیب ۲۵ و ۴۲٪ بود. همچنین، کمترین مقادیر این شاخص‌ها روی بستر پوست هندوانه (به ترتیب ۴/۵۰ و ۵/۸۰٪) مشاهده شد. کمترین مقدار شاخص مصرف نسبی روی بستر سبوس گندم + پوست خیار (۲/۲۴) و بیشترین آن روی پوست هندوانه (۲۲/۲۵) مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن به ترتیب روی بسترهای سبوس گندم + تفاله هویج و سبوس گندم + پوست خیار به دست آمد ($p < 0/05$). با توجه به برآیند نتایج به دست آمده، سبوس گندم + پوست هندوانه به عنوان بستری مناسب برای رشد و تغذیه این حشره معرفی می‌شود.

مقدمه

حشرات خوارکی انسان قرار گرفته است (Adámková et al. 2017) و جزو رایج ترین حشرات صنعتی محسوب می‌شود (Pinter et al. 2022)، گزینه مناسبی به‌عنوان غذای زنده برای جایگزینی با آرد ماهی و کنجاله سویا در جیره‌ی غذایی آبزیان و ماکیان است (Rumbos et al. 2021)، به طوری که مطابق با مقررات کمیسیون اتحادیه اروپا اجازه استفاده از خوراک مبتنی بر آن برای آبی‌پروری پایدار از سال ۲۰۱۷ داده شده است (European Commission, 2017). موفقیت جایگزینی آرد ماهی با آرد نوزاد سوپرورم در جیره غذایی چندین گونه از ماهی‌های خوارکی مانند تیلاپیا *Oreochromis niloticus* (Jabir et al. 2012; Fontes et al. 2019)، قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* (Doğankaya, 2017; Hosseini Shekarabi et al. 2021)، ماهی سی‌باس آسیایی *Lates calcarifer* (Prachom et al. 2021)، باس دریایی اروپایی *Dicentrarchus labrax* (Stathopoulou et al. 2022) و شانک سرطلایی *Sparus aurata* (Henry et al. 2022) و همچنین برخی از آبزیان زینتی مانند گوبی *Poecilia reticulata* (Kowalska et al. 2021) از یک سو و کاهش دسترسی به آرد ماهی و افزایش قیمت آن (ارباب، ۱۳۹۸) موجب شده است که به پرورش انبوه سوپرورم بیش از پیش توجه شود (Cortes Ortiz et al. 2016). با وجود این، تولید انبوه آن با چالش‌های متعددی از جمله دستیابی به جیره غذایی بهینه و مقرون به صرفه رو برو است. یکی از عوامل مؤثر در افزایش کمی و کیفی تولید انبوه و کاهش هزینه تولید حشرات، استفاده از جیره غذایی بهینه است (Dragojlović et al. 2022). از طرف دیگر، نوع رژیم غذایی حشرات و روش فرآوری آن تأثیر قابل توجهی بر ارزش غذایی حشرات تولید شده دارد (Meyer-Rochow et al. 2021)، لذا به منظور تولید حشرات با کیفیت مناسب که هم بتواند نیازهای حیوانات هدف (آبزیان و ماکیان) را برآورده کند و هم مقرون به صرفه باشد، بهینه‌سازی رژیم غذایی حشرات اهمیت زیادی دارد (Rumbos et al. 2021). اخیراً علاقه زیادی به استفاده از فراورده‌های جانبی آلی برای پرورش سوپرورم دیده می‌شود. در تحقیقی که توسط Dragojlović و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد، مشخص شده است که استفاده از جیره حاوی ترکیبی از کلم، هویج و بذر کتان کارایی تغذیه‌ای

یکی از موانع اصلی صنعت تولید آبزیان پرورشی، دسترسی به منابع پروتئینی است (ارباب، ۱۳۹۸). برای کاهش وابستگی به منابع پروتئین حیوانی مانند آرد ماهی، یافتن منبع جایگزین، اهمیت بالایی دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که آرد حشرات بیشترین توانمندی را در میان جایگزین‌های موجود برای تأمین پروتئین مورد نیاز آبزیان طی ۱۰ تا ۲۰ سال آینده دارد (Hua et al. 2019). همچنین، رژیم‌های غذایی تهیه شده از آرد حشرات حاوی مقادیر زیادی مواد مغذی مختلف مانند اسیدهای آمینه حاوی گوگرد و اسیدهای چرب غیر اشباع است که می‌تواند به طور بالقوه به عنوان مواد اصلی خوراک آبزیان استفاده شود (ارباب، ۱۳۹۷). بدیهی است که رشد و نمو و همچنین، تولید مثل حشرات به شدت به کیفیت و کمیت غذای خورده شده توسط آنها بستگی دارد (Slansky and Scriber, 1981) و نوع رژیم غذایی مورد استفاده در پرورش حشرات علاوه بر اثر گذاری بر کمیت حشرات تولید شده، بر کیفیت (به خصوص محتوای پروتئین) آنها نیز مؤثر است (Lundy and Parrella, 2015; Barbi et al. 2020). محتوای کربوهیدرات و پروتئین بستر پرورش حشرات به طور قابل توجهی بر طول دوره‌ی نوزادی و وزن نوزاد و شفیره و همچنین ارزش غذایی حشره تأثیر می‌گذارد (Bonelli et al. 2020). بررسی پینتر و همکاران (Pinter et al. 2022) نشان می‌دهد که تغذیه نوزادان سوپرورم با رژیم‌های غذایی فاقد مواد مغذی، منجر به کاهش پروتئین و افزایش غلظت چربی آنها می‌شود. بنابراین، بستری که به عنوان ماده اولیه برای پرورش حشرات استفاده می‌شود، نقش مهمی در فرآیند تولید دارد. سوپرورم (Coleoptera: Tenebrionidae) *Zophobas morio* F. حشره‌ای از راسته سخت بالپوشان و خانواده سوسک‌های تاریک‌زی است که اگرچه در گذشته به عنوان حشره آفت انباری آرد گندم و برخی دیگر از فراورده‌های غلات مورد توجه بوده است (Hagstrum and Subramanyam 2009)، ولی در حال حاضر، اهمیت خسارت‌زایی آن ناچیز بوده و به عنوان یک آفت انباری درجه دو محسوب می‌شود (ارباب، ۱۳۹۱). این حشره در مرحله‌ی نوزادی به علت دارا بودن ۴۶٪ پروتئین و ۴۲٪ چربی (Rumbos and Athanassiou, 2021) علاوه بر این که در فهرست

عنوان غذا استفاده شد. سبوس گندم قبل از استفاده با الک ۳۰۰ میکرون غربال شد تا ذرات هم اندازه‌ی فضولات نوزادان حذف شوند. پسماندهای میوه و سبزی (به غیر از تفاله هویج) قبل از استفاده برای حذف آلودگی های ظاهری با آب شستشو، و سپس خشک شدند.

روش پرورش

بررسی‌ها در اتاقک رشد (فیتوترون مدل TTC 1300-AX) با شرایط دمایی 1 ± 27 درجه‌ی سانتی‌گراد، رطوبت نسبی $5 \pm 60\%$ و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی (Rumbos and Athanasius, 2021) و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. در شروع آزمایش در هر یک از ظروف پرورش (ظروف پلاستیکی به ابعاد $30 \times 30 \times 15$ سانتی‌متر) ۴۰۰ گرم سبوس گندم، ۱۰۰ گرم نوزاد و ۱۰ گرم از هر یک از پسماندهای میوه و سبزی با توجه به نوع تیمار قرار داده شد. در تیمار شاهد ۱ از هیچ غذای مکملی استفاده نشد و در شاهد ۲ برای ارزیابی اثر حذف سبوس در رشد، نوزادان روزانه فقط با ۱۰ گرم پوست هندوانه تغذیه شدند. مدت انجام بررسی‌ها ۴ هفته بود که در این مدت مقدار سبوس ثابت، ولی پسماندهای میوه و سبزی بصورت تازه و به میزان ۱۰ گرم روزانه با قطعات باقیمانده از روز قبل جایگزین می شدند. در پایان مدت آزمایش مقدار فضولات تولید شده با استفاده از الک ۳۰۰ میکرون از بستر پرورش هر یک از ظروف پرورش جدا و توزین شدند. همچنین، وزن نوزادان و وزن سبوس خورده نشده نیز محاسبه شد.

شاخص‌های ارزیابی

از شاخص‌های هضم شونده‌ی غذا (AD)، بازدهی تبدیل غذای خورده شده به زی‌توده (ECI)، بازدهی تبدیل غذای هضم شده به زیست توده (ECD)، ضریب تبدیل غذا به زی‌توده (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، افزایش وزن (-WG) و میزان بقا (SR) برای ارزیابی تیمارهای غذایی استفاده شد (Waldbeur, 1968, Oonincx et al., 2015, Li et al. 2022).

بهتری نسبت به استفاده از هر یک از آنها به تنهایی در پرورش نوزاد سوپرورم دارد. به عقیده‌ی برخی پژوهشگران، نوزادان این حشره می‌توانند در بیشتر جیره‌های غذایی متشکل از ضایعات غلات، باقی‌مانده نان، کلوچه و پوست سیب‌زمینی با موفقیت رشد کنند (Van Broekhoven et al. 2015). در مقابل، گنجاندن پسماندهای میوه‌ها و سبزیجات و همچنین، برخی از کودهای دامی مانند گاو و اسب در رژیم غذایی آنها منجر به کاهش رشد در مقایسه با رژیم غذایی دان مرغ (شاهد) می‌شود (Harsányi et al. 2020). هدف از این تحقیق، بررسی اثر چند پسماند رایج کشاورزی مانند تفاله هویج، پوست خیار، پوست هندوانه، پوست موز و برگ کاهو که دارای خصوصیات مناسبی مانند دسترس بودن، فراوانی و محتوای غذایی مناسب هستند، بر شاخص‌های تغذیه‌ای نوزاد سوپرورم است. نتایج این بررسی را می‌توان در بهبود پرورش انبوه سوپرورم برای جایگزینی با بخشی از آرد ماهی در جیره‌ی آبزیان استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

حشرات

نوزادان دارای جثه‌ی متوسط (سنین ۱۲-۸ (۶۰-۳۰ روزه)) سوپرورم که در بستر اصلی سبوس و مکمل سیب زمینی پرورش یافته بودند، از یک تولیدکننده تجاری در شهرستان ساری تهیه شد. آنها به مدت ۲۴ ساعت بدون غذا نگهداری شدند تا تأثیر غذای پیشین به حداقل برسد.

بستر پرورش

از آنجاکه بر اساس قوانین اتحادیه اروپا برای پرورش سوپرورم با هدف تهیه خوراک آبزیان، فقط استفاده از رژیم‌های غذایی گیاهی مجاز است (Dragojlović et al. 2022)، لذا از پنج رژیم غذایی که ترکیبی از سبوس گندم به عنوان غذای اصلی و تنوعی از پنج پسماند میوه و سبزی شامل تفاله هویج، پوست خیار، پوست هندوانه، پوست موز و برگ کاهو، به عنوان غذای مکمل و تأمین کننده آب مورد نیاز نوزادان استفاده شد. در بستر شاهد ۱ هیچ پسماندی در نظر گرفته نشد و نوزادان فقط از سبوس گندم تغذیه کردند، در حالی که در شاهد ۲ فقط از پوست هندوانه به

وزن غذای خورده شده / (وزن فضولات نوزادان - وزن غذای خورده شده) = AD (۱)

$100 \times (\text{وزن غذای خورده شده} / \text{افزایش وزن نوزاد}) = \text{ECI} (\%)$ (۲)

(۳) $ECD(\%) = 100 \times [(\text{وزن فضولات نوزادان} - \text{وزن غذای خورده شده}) / \text{افزایش وزن نوزاد}]$

(۴) $FCR(\text{گرم/گرم}) = \text{افزایش وزن نوزادان} / \text{وزن غذای خورده شده}$

(۵) $SGR(\%) = 100 \times [(\ln \text{وزن نهایی نوزاد}) - (\ln \text{وزن اولیه نوزاد})]$

(۶) $WG(\%) = 100 \times [(\text{وزن اولیه نوزاد}) / (\text{وزن نهایی نوزاد} - \text{وزن اولیه نوزاد})]$

(۷) $SR(\%) = 100 \times [(\text{تعداد اولیه نوزاد} / \text{تعداد نوزادان مرده} - \text{تعداد اولیه نوزاد})]$

تجزیه و تحلیل داده ها

ابتدا نرمال بودن داده ها با روش کولموگروف-اسمیرنوف بررسی و در صورت نرمال نبودن، از روش تبدیل مناسب (\log_{10}) استفاده شد. سپس، تفاوت بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون واریانس یک طرفه توسط نرم افزار Minitab ver.22 بررسی شد و در صورت معنی دار بودن تفاوت، مقایسه‌های چندگانه با استفاده از روش توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ ($\alpha=0/05$) انجام شد.

نتایج

نتایج عملکرد رشد و تبدیل خوراک به زی توده در جدول ۱ به طور خلاصه ارائه شده است. شاخص‌های تغذیه‌ای در همه‌ی تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی دار با هم داشتند ($p < 0/05$). در شاخص هضم‌پذیری نسبی، تیمارهای پوست هندوانه (شاهد ۲) و سبوس گندم + برگ کاهو بیشترین هضم‌پذیری نسبی را برای نوزادان سوپرورم داشتند و تیمار شاهد ۱ (سبوس گندم بدون غذای مکمل) از کمترین هضم‌پذیری برخوردار بود ($p < 0/05$), درحالی که بیشترین کارایی تبدیل غذای خورده شده به زی توده در تیمار سبوس گندم + پوست هندوانه مشاهده شد ولی با حذف سبوس در شاهد ۲ (پوست هندوانه به تنهایی) این شاخص به کمترین مقدار (کمتر از ۰/۵) رسید. این نتیجه نشان می‌دهد که هرچند پوست هندوانه بیشترین هضم‌پذیری را دارد، ولی از کمترین کارایی در تبدیل شدن به زی توده برخوردار است. به طوری که برای افزایش یک کیلوگرم زی توده‌ی نوزادان سوپرورم بیش از ۲۲ کیلوگرم پوست هندوانه مورد نیاز است. همین روند در مقادیر شاخص تبدیل غذای هضم شده نیز

مشاهده شد. جیره‌ی حاوی پوست هندوانه + سبوس بیشترین قابلیت هضم شدگی را برای نوزادان سوپرورم داشتند. نوزادان پرورش یافته با این تیمار دارای بیشترین بازدهی ضریب تبدیل غذای خورده شده به بافت (۲۴/۹۹) بودند. آنها همچنین از میانگین ضریب تبدیل غذای هضم شده (۵۹/۵۷)، ضریب تبدیل غذا به بافت (۲/۵۳)، سرعت رشد ویژه (۴/۳۱) و درصد افزایش وزن (۲۳/۷۵) قابل قبولی برخوردار بودند. نوزادان پرورش یافته با تیمار سبوس گندم + برگ کاهو هرچند که بیشترین بازدهی ضریب تبدیل غذای هضم شده به بافت (۸۳/۴۵) را داشتند، ولی در تبدیل غذای خورده شده به بافت در مقایسه با دیگر تیمارها در رتبه‌ی دوم قرار گرفتند. آنها همراه با تیمار سبوس گندم + پوست خیار بیشترین درصد افزایش وزن را به خود اختصاص دادند. در همه‌ی تیمارهای مورد بررسی میزان بازدهی غذای هضم شده به طور معنی داری ($p < 0/05$) بیش از بازدهی غذای خورده شده بود. تیمارهای غذایی که از پسماندهای برگ کاهو، تفاله هویج، پوست خیار و پوست هندوانه به همراه سبوس تشکیل شده بودند، راندمان تبدیل خوراک به زی توده‌ی یکسانی داشتند و تقریباً به ازای هر ۲/۴ کیلوگرم غذا، یک کیلوگرم زی توده‌ی نوزاد تولید کردند، درحالی که نوزاد هایی که از پوست موز به عنوان مکمل استفاده کرده بودند، از ضریب تبدیل تقریباً ۵۰٪ نسبت به تیمارهای اشاره شده برخوردار بودند. همه‌ی تیمارهای آزمایشی به غیر از شاهد های ۱ و ۲ اثر یکسانی بر سرعت رشد ویژه نوزادان داشتند، ولی نوزادانی که از سبوس گندم بدون پسماند میوه و سبزی (شاهد ۱) تغذیه کرده بودند، رشد منفی را تجربه کردند. هیچ یک از تیمارها در طی دوره‌ی ارزیابی اثر منفی بر زنده‌مانی نوزادان نداشتند.

جدول ۱ میانگین شاخص‌های تغذیه‌ای نوزاد سوپرورم در بسترهای مختلف.

بستر	شاخص‌های هضم شوندگی غذا (%)	بازدهی تبدیل غذای خورده شده به زی توده (%)	بازدهی تبدیل غذای هضم شده به زی توده (%)	ضریب تبدیل غذا	نرخ رشد ویژه	افزایش وزن (%)
سبوس گندم (شاهد ۱)	7 ± 0.51 ^d	24/15 ± 1/93 ^d	395/6 ± 6/96 ^e	- 3/87 ± 0/63 ^d	- 2/92 ± 0/21 ^b	- 20/94 ± 7/39 ^d
پوست هندوانه (شاهد ۲)	97/77 ± 6/05 ^a	4/49 ± 0/89 ^c	5/79 ± 0/36 ^{cd}	22/25 ± 3/27 ^a	0/98 ± 0/08 ^b	4 ± 0/58 ^{cd}
سبوس گندم + پوست هندوانه	59/57 ± 4/20 ^b	24/99 ± 1/72 ^a	42/25 ± 2/64 ^a	2/53 ± 0/33 ^c	4/31 ± 0/51 ^a	23/75 ± 2/74 ^{bc}
سبوس گندم + پوست موز	41/93 ± 1/24 ^c	13/65 ± 1/13 ^b	30/8 ± 2/93 ^b	4/27 ± 0/34 ^b	4/14 ± 0/58 ^a	25/15 ± 3/33 ^{bc}
سبوس گندم + پوست هویج	56/5 ± 2/44 ^{bc}	18/26 ± 0/98 ^{ab}	32/3 ± 1/65 ^{abcd}	2/33 ± 0/87 ^{bc}	5/91 ± 0/65 ^a	51/21 ± 6/87 ^{ab}
سبوس گندم + برگ کاهو	83/45 ± 5/18 ^a	9/41 ± 0/34 ^b	11/27 ± 0/79 ^d	2/45 ± 0/09 ^{bc}	4/04 ± 0/18 ^a	69/20 ± 3/96 ^a
سبوس گندم + پوست خیار	40/9 ± 3/18 ^c	15/29 ± 0/84 ^{ab}	37/29 ± 0/76 ^{ab}	2/24 ± 0/13 ^{bc}	4/18 ± 0/24 ^a	73/79 ± 3/91 ^a

بحث

که بر کاهش میزان مرگ و میر نوزاد و شفیره و در عوض افزایش طول عمر حشرات کامل مؤثر است (Urs and Hopkins, 1973)، لذا رژیم غذایی بدون غذای مکمل (پسماند سبزیجات) نمی‌تواند از بازدهی مناسبی برخوردار باشد. همچنین، کمترین هضم‌پذیری در تیمار سبوس گندم بدون غذای مکمل بیانگر آن است که وجود منبع رطوبت برای هضم غذای اصلی نیز در نوزادان سوپرورم ضروری است. پوست هندوانه (شاهد ۲) هرچند از نظر ترکیب شیمیایی با پروتئین خام ۱۱/۱۷، چربی ۲/۴۴ و هیدرات کربن ۵۶/۰۲٪ (Ashoka et al. 2022) شباهت زیادی با سبوس گندم با پروتئین خام ۱۵/۷۵، چربی ۳/۷۷ و هیدرات کربن ۶۰٪ (Sharanappa et al. 2016) دارد، ولی هنگامی که به تنهایی در اختیار نوزادان قرار می‌گیرد، از عملکرد تغذیه‌ای مناسبی برخوردار نیست. به طوری که بازدهی تبدیل غذای خورده شده و هضم شده و رشد ویژه نیز در این تیمار از مقدار قابل ملاحظه‌ای برخوردار نبود و نوزادان فقط ۴٪ افزایش وزن را تجربه کردند، ولی هنگامی که به عنوان مکمل به سبوس گندم اضافه شد، اثر قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای سوپرورم داشت. کاروتن‌های موجود در پوست هندوانه در بدن حشره به ویتامین‌های A و C و چندین نوع از ویتامین‌های گروه B

جیره غذایی پایه برای پرورش سوپرورم سبوس گندم است، ولی همانند دیگر حشرات هم‌خانواده‌ی خود این حشره نیازمند منبعی برای تأمین آب مورد نیاز خود است (Rumbos and Athanassiou, 2021). امروزه از سیب زمینی به عنوان رایج‌ترین مکمل غذایی جیره سوپرورم برای تأمین آب استفاده می‌شود (استادی و معطوفی، ۱۳۹۹) که علاوه بر افزایش هزینه تمام شده جیره، مصرف آن مغایر با سیاست‌های اقتصاد دایره‌ای نیز هست. بررسی شاخص‌های ارزیابی تغذیه‌ای در نوزادهای سوپرورم تغذیه شده با سبوس گندم بدون غذای مکمل (شاهد ۱) نشان می‌دهد که به غیر از شاخص هضم‌شوندگی، دیگر شاخص‌ها از رشد منفی برخوردار هستند. به طوری که نوزادان به طور متوسط یک پنجم وزن خود را از دست دادند. بررسی‌های Baek و همکاران (۲۰۱۵) در مورد نوزاد میلورم (*Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)) که گونه‌ای بسیار نزدیک به حشره مورد مطالعه است، نیز نشان می‌دهد که وجود منبع رطوبت (با رطوبت ۹۳-۴۴٪) برای رشد و نمو نوزادان ضروری است. علاوه بر این، زمانی که منبع تأمین آب در دسترس باشد، نوزادان میلورم می‌توانند ذخایر چربی بزرگتری ایجاد کنند

همچنین، نوزادانی که از پسماندهای گوشت‌های فرآوری- شده تغذیه کرده بودند، علاوه بر اینکه دارای طول دوره‌ی رشد کوتاه‌تری هستند، در ماه نخست ۶۰٪ و در مدت ۳ ماه، ۱۴۴٪ افزایش وزن داشتند. درمقابل نوزادانی که از ضایعات آفتابگردان تغذیه کرده بودند، طول دوره‌ی رشدی آنها طولانی‌تر و روند افزایش وزن کندتر بود. میزان افزایش وزن نوزادانی که سه ماه از پسماندهای غلات و پسماندهای میوه و سبزیجات تغذیه کرده بودند، به ترتیب ۱۴۲ و ۱۱۷٪ گزارش شده است (Nagdalian et al. 2019).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که پوست هندوانه که یکی از پسماندهای رایج در فرآیند تولید آجیل از هندوانه آجیلی محسوب می‌شود، به‌خوبی می‌تواند همراه با سبوس گندم نیازهای غذایی نوزادان سوپرورم را مرتفع ساخته و تأثیر مثبت معنی‌داری بر شاخص‌های تغذیه‌ای آنها داشته باشد. استفاده از این پسماند علاوه بر کاهش مخاطرات زیست محیطی، موجب کاهش هزینه‌های پرورش سوپرورم شده و امکان رقابت‌پذیری آرد نوزاد سوپرورم با آرد ماهی را ممکن می‌کند. اطلاعات به‌دست آمده در این پژوهش را می‌توان در پیشبرد برنامه‌های جایگزینی آرد حشرات با آرد ماهی در غذای آبزبان استفاده کرد.

منابع

- ارباب، ع. ۱۳۹۱. آفت‌شناسی محصولات انباری و مدیریت آنها. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. ۱۸۹ص.
- ارباب، ع. ۱۳۹۳. اصول پرورش مصنوعی حشرات. انتشارات علم کشاورزی ایران. ۱۱۲ص.
- ارباب، ع. ۱۳۹۷. نقش حشرات در جیره غذایی آبزبان: مطالعه موردی سوسک زرد آرد (میلورم) *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). آبزبان زینتی ۵: ۴۱-۵۲.
- ارباب، ع. ۱۳۹۸. مروری بر امکان جایگزینی آرد حشرات با آرد ماهی در جیره غذایی آبزبان. بهره‌برداری و پرورش آبزبان ۲: ۱۵-۱.
- استادی، ی. معطوفی، ا. ۱۳۹۹. تعیین و مقایسه ترکیبات تقریبی (پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت، کربوهیدرات و فیبر) نوزادان *Tenebrio molitor* و

تبدیل می‌شوند. برخی از ویتامین‌های گروه B مانند تیامین (B1)، ریبوفلاوین (B2) و نیاسین نقش مهمی در مصرف انرژی دارند. اسید فولیک (B9) و بیوتین (B10) نیز برای رشد دارای اهمیت هستند و کمبود آنها می‌تواند موجب کاهش رشد نوزادها و کاهش باروری حشرات کامل شود (ارباب ۱۳۹۳). کیفیت غذا با محاسبه‌ی شاخص‌های تغذیه- ای تعیین می‌شود و در واقع، چنانچه غذای مورد استفاده حشره از کیفیت لازم برخوردار نباشد، انرژی حاصل از سوخت و ساز ناکافی بوده و منجر به اختلال در دوره رشد و وزن بدن می‌شود (عجم حسنی و امیری جامی، ۱۳۹۸). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پوست هندوانه مکمل خوبی برای سبوس گندم برای تغذیه‌ی نوزاد های سوپرورم است. هندوانه آجیلی (*Citrullus lunatus*) محصولی است که برای استفاده از دانه‌های خوراکی آن به‌عنوان آجیل در سطح نسبتاً وسیع کشت می‌شود. در زمان برداشت بعد از خارج کردن دانه‌ها، مابقی هندوانه شامل پوست و گوشت میوه در مزرعه رها شده و موجب آلودگی محیط زیست می‌شود (هراسی یزدان آباد، ۱۳۹۵). لذا استفاده از این پسماند ارزان کشاورزی علاوه بر کاهش هزینه‌ی تولید، کاهش مخاطرات زیست محیطی پسماندها را نیز موجب می‌شود. دیگر پسماندها هر چند که عملکرد قابل قبولی داشتند، ولی دارای محدودیت‌هایی بودند. تفاله هویج، پوست خیار و پوست موز نسبت به پوست هندوانه از دسترسی کمتری برخوردار هستند و برگ کاهو نیز هرچند که یکی از پسماندهای رایج میادین تره‌بار به‌شمار می‌رود ولی نسبت به هندوانه از دوام کمتری برخوردار بوده و دچار پلاسیدگی زود هنگام می‌شود. اثر جیره‌های غذایی تهیه شده از ضایعات نانویی، محصولات جانبی فرآوری سیب زمینی و فرآورده‌های جانبی تولید بیواتانول که دارای مقادیر متفاوتی از پروتئین و نشاسته هستند، بر طول دوره رشد، میزان زنده‌مانی، بازده تبدیل خوراک، مقدار پروتئین خام و پروفایل اسیدهای چرب نوزادان سوپرورم بررسی شده است (Van Broekhoven et al. 2015). نتایج نشان می‌دهد که نوع جیره غذایی بر میزان رشد نوزادان و بازده تبدیل خوراک تأثیرگذار است، به طوری که جیره‌های غذایی که پروتئین بالایی دارند، نسبت به جیره‌های غذایی تجاری، مطلوب‌تر هستند و موجب کوتاه شدن زمان رشد و نمو، کاهش مرگ و میر و افزایش وزن نوزادان می‌شوند.

شرایط استخراج پکتین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- Adámková, A., Ml'cek, J., Kouřimská, L., Borkovcová, M., Bušina, T., Adámek, M., Bednářová, M., Krajsa, J. 2017. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of sumatra. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14: 5-21.
- Ashoka, S., Shamshad Begum, S., Vijayalaxmi, K.G. 2022. Physico-chemical properties and nutritional composition of watermelon (*Citrullus lanatus*) and its rind flour. *Biological Forum – An International Journal* 14: 505-510
- Barbi, S., Macavei, L.I., Fuso, A., Luparelli, A.V., Caligiani, A., Ferrari, A.M., Maistrello, L., Montorsi, M. 2020. Valorization of seasonal agri-food leftovers through insects. *Science of the Total Environment* 709: 136209.
- Bonelli, M., Bruno, D., Brillì, M., Gianfranceschi, N., Tian, L., Tettamanti, G. 2020. Black soldier fly larvae adapt to different food substrates through morphological and functional responses of the midgut. *International Journal of Molecular Sciences* 21: 1-27.
- Cadinu, L.A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F., Madau, F.A. 2020. Insect rearing: potential, challenges, and circularity. *Sustainability* 12:4567
- Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Yi, L., Han, R., Giroud, L., Jullien, R.L. 2016. Insect mass production technologies. In *Insects as Sustainable Food Ingredients*; Dossey, A.T., Morales-Ramos, J., Guadalupe Roja, M., Eds.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 154-201.
- Doğankaya, L. 2017. Effects of fish meal substitution with super worm (*Zophobas morio*) meal on growth performance of *Rainbow Trout* Fingerlings. *Aquatic Science Engineering* 32: 1-7.
- Dragojlović, D., Đuragić, O., Pezo, L., Popović, L., Rakita, S., Tomićić, Z., Spasevski, N. 2022. Comparison of nutritional profiles of super worm (*Zophobas morio*) and Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) as alternative feeds used in animal husbandry: Is Super Worm Superior? *Animals* 12, 1277.
- EFSA Scientific Committee. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 13: 42-57.
- European Commission. 2017. Amending Annexes, I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European parliament and of the council and annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. *Commission Regulation (EU)*.
- Fontes, T.V., Oliveira, K.R.B., Almeida, I.L.G., Orlando, T.M., Rodrigues, P.B., Costa, D.V. 2019. Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animals* 9: 181-189.
- Hagstrum, D. W., Subramanyam, B. 2009. Stored-product insect resource. *AACC International Inc.* 509p.
- Harsányi, E., Juhász, C. Kovács, E. Huzsvai, L. Pintér, R. Fekete, G. Varga, Z. I. Aleksza, L. and C. Gyuricza. 2020. Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. *Insects* 11: 604.
- Henry, M., Golomazou, E., Asimaki, A., Psafakis, P., Fountoulaki, E., Mente, E., Rumbos, C., Athanassiou, C., Karapanagiotidis, I. 2022. Partial dietary fishmeal replacement with full-fat or

Zophobas morio جهت تهیه جیره غذایی دام و طیور. پژوهشنامه حلال ۳: ۷۱-۸۰.

هراسی یزدان‌آباد، م. ۱۳۹۵. استخراج پکتین از پوست هندوانه آجیلی (*Citrullus lunatus*) و بررسی تاثیر

- defatted superworm (*Zophobas morio*) larvae meals modulates the innate immune system of gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports* 27: 101347.
- Hosseini Shekarabi, S.P., Shamsaie Mehrgan, M., A., Banavreh. 2021. Feasibility of superworm, *Zophobas morio*, meal as a partial fishmeal replacer in fingerling rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, diet: growth performance, amino acid profile, proteolytic enzymes activity and pigmentation. *Aquaculture Nutrition* 27: 1077-1088.
- Hua, K., Cobcroft, J.M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D.R., Mangott, A., Strugnell, J.M. 2019. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth* 1: 3-16.
- Jabir, M.A.R., Jabir, S.A.R., Vikineswary, S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology* 11: 6592-6598.
- Kowalska, J., Rawski, M., Homska, N., Mikołajczak, Z., Kierończyk, B., Świątkiewicz, S., Wachowiak, R., Hetmańczyk, K. Mazurkiewicz, J. 2021. The first insight into full-fat superworm (*Zophobas morio*) meal in guppy (*Poecilia reticulata*) diets: a study on multiple-choice feeding preferences and growth performance. *Annals of Animal Science* 0072.
- Lundy, M.E., Parrella, M.P. 2015. Crickets are not a free lunch: protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. *PLoS ONE* 10, e0118785.
- Meyer-Rochow, V.B., Gahukar, R.T., Ghosh, S., Jung, C. 2021. Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods* 10: 10-36.
- Oonincx, DGAB, van Broekhoven S, van Huis, A, van Loon, J.J.A. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. Papadopoulos NT, editor. *PLOS One* 10: e0144601.
- Pinter, R., Fekete, G. Varga, ZI., Gyuricza, C., Alesksza, L. 2022. Evaluation of Organic Wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. *Journal of Central European Green Innovation Környezettechnológia különszám* 143-156.
- PrachomN., Boonyoung S., Hassaan M.S., El-Haroun E., Davies S.J. 2021. Preliminary evaluation of superworm (*Zophobas morio*) larval meal as a partial protein source in experimental diets for juvenile Asian sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture Nutrition* 27: 1304-1314.
- Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G. 2021. Insects as food and feed: If you can't beat them, eat them!'-To the magnificent seven and beyond. *The Journal of Insect Science* 21: 9-10.
- Rumbos, C.I., Athanassio, C.G. 2021. The superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A 'sleeping giant' in nutrient sources. *The Journal of Insect Science* 21: 13-21.
- Rumbos C.I., Karapanagiotidis I.T., Mente, E., Psafakis P., Athanassiou C.G. 2020. Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm *Tenebrio molitor*. *Scientific Reports* 10: 11224.
- Sharanappa, T., Chetana, R., Suresh Kumar, G. 2016. Evaluation of genotypic wheat bran varieties for nutraceutical compounds. *Journal of Food Science Technology* 53: 4316-4324.
- Scriber, J.M., Slansky, F. 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review Entomology* 26: 183-211.
- Stathopoulou, P., Asimaki, A., Berillis, P., Vlahos, N., Levizou, E., Katsoulas, N.,

- Karapanagiotidis, I.T., Rumbos, C.I., Athanassiou, C.G., Mente, E. 2022. Aqua-Ento-Ponics: Effect of insect meal on the development of Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*, in Co-Culture with lettuce. *Fishes* 7: 397.
- Urs, K.G.D., Hopkins, T.L. 1973. Effect of moisture on growth rate and development of two strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). *The Journal of Stored Products Research* 8: 291-297.
- Waldbeur, G.P. 1968. The consumption and utilization of food by insects. *Advance Insect Physiology* 5: 229-288.
- Xiaoyue, Li., Yongkang, C., Chaozhong, Z., Shuyan, C., Shuang, Z., Beiping, T., Shiwei, X. 2022. Evaluation of six novel protein sources on apparent digestibility in pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* p1-11.