

مروری بر استفاده از حشرات در تغذیه طیور، فرصت‌ها و چالش‌ها

- **امیرحسین علیزاده قمصری** (نویسنده مسئول)
استادیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- **سید عبدالله حسینی**
استاد مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۲۴۱۴۳۳

Email: amir3279@gmail.com

چکیده

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2020.351213.2084

محدودیت منابع خوراکی در سطح جهان و کشور ما، توجه به استفاده از خوراک‌های جایگزین را افزایش داده است. پرورش حشرات یکی از شیوه‌های پیشنهاد شده به منظور ارتقای امنیت غذایی برای انسان و حیوانات است. حشرات به سرعت رشد کرده و تکثیر می‌شوند و به دلیل خون سرد بودن، ضریب تبدیل غذایی مناسبی دارند. آنها همچنین قادرند پس‌ماندهای کشاورزی را به زیست‌توده‌ای با ارزش انرژی و پروتئین مناسب تبدیل نمایند. این مقاله بر معرفی برخی حشرات مورد استفاده در تغذیه طیور (شامل جیرجیرک، میل‌ورم، لارو مگس سرباز سیاه، لارو مگس خانگی، ملخ) و کرم خاکی تمرکز یافته، در ادامه یافته‌های متخصصین تغذیه طیور درباره آنها مرور شده و در انتها به چالش‌های مربوط به ترویج استفاده از حشرات در صنعت طیور اشاره شده است. نتایج پژوهش‌ها نشانگر سطوح مناسب پروتئین خام (بین ۴۲/۱ تا ۶۳/۳ درصد) و انرژی قابل متابولیسم (بین ۳۲۹۸ تا ۳۸۳۳ کیلوکالری در کیلوگرم) در حشرات یا لارو مورد بررسی و امکان‌پذیر بودن استفاده از آن در خوراک طیور (به‌طور معمول ۵ درصد جیره) بود. برخی نکات که در خصوص چالش‌های پرورش و استفاده از حشرات باید مورد توجه ویژه قرار گیرند شامل تدوین دستورالعمل قانونی برای صدور مجوز پرورش و مصرف حشرات، انتخاب گونه حشره ایمن و مناسب، نوع بستر پرورش و تغذیه، میزان کیتین موجود در اسکلت خارجی و همچنین بازاریابی مناسب و فرهنگ‌سازی در بین پرورش‌دهندگان و مصرف‌کنندگان گوشت طیور هستند.

واژه‌های کلیدی: حشرات، خوراک طیور، ارزش غذایی، عملکرد.

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 131 pp: 167-186

A review of insect utilization in poultry nutrition, opportunities and challengesBy: Amir Hossein Alizadeh-Ghamsari^{1*} and Seyed Abdullah Hosseini²

1- Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*corresponding author e-mail: amir3279@gmail.com

Received: July 2020**Accepted: October 2020**

The limitation of feed sources in Iran and all over the world has increased attentions to use alternative feedstuffs. Insect production is one the recommended approaches to improve food security for human and animals. Insects are rapidly grown and proliferated and because of being cold-blooded have appropriate feed conversion ratio. They also can convert agricultural residues into biomass contained proper value of energy and protein. This article has been focused on introduction of some insects used in poultry neutrino (including cricket, mealworm, black soldier fly larva, house fly larva, grasshopper) and earthworm, followed by reviewing the poultry nutritionist's results about them, and ended up with pointing the challenges regarding to the extension of insect usage in poultry nutrition. The results of the researches indicated the appropriate levels of crude protein (42.1-63.3%) and metabolizable energy (3833-3298 kcal/kg) in evaluated insects or larva and the possibility of using them in poultry feed (commonly 5% of diet). Regarding the challenges of insect production and usage, some points which need especial attention are included: developing legal instructions for authorizing insect production and usage, choosing safe and proper insect species, type of litter and substrate of feeding, the chitin content of exoskeleton, as well as appropriate marketing and cultural education of the poultry farmers and human consumers of the poultry products.

Key words: Insects, Nutritional value, Performance, Poultry feed.**مقدمه**

حشرات حدود یک میلیون گونه از ۱/۴ میلیون گونه جانوری توصیف شده بر روی زمین را تشکیل می‌دهند. برخلاف باور عمومی، از یک میلیون گونه حشره، تنها حدود ۵۰۰۰ گونه از آنها برای محصولات کشاورزی، دام و انسان مضر هستند (van Lenteren، ۲۰۰۶).

محدودیت در توسعه پرورش دام و طیور

برخی از مهم‌ترین چالش‌های توسعه پرورش حیوانات اهلی در سطح جهان شامل این موارد هستند: صنایع پرورش دام و طیور حدود ۳۰ درصد کل سطح کره زمین (به جز سرزمین‌های قطبی) یا ۷۵ درصد زمین‌های قابل کشت (شامل زمین‌های کشت غلات، بقولات و مراتع) را به خود اختصاص داده و حدود ۸ درصد آب

یکی از مهم‌ترین مشکلات صنعت طیور کشور، کمبود منابع خوراکی مورد نیاز طیور به‌ویژه در شرایط تنگناهای اقتصادی و محدودیت واردات است. لذا بررسی امکان استفاده از منابع خوراکی جدید داخلی از اولویت‌های تحقیقات علوم دامی کشور به شمار می‌رود. از بین مواد خوراکی جدید، حشرات می‌توانند به دلایل ذیل خوراک خوبی برای طیور باشند: الف) رشد سریعی داشته و در زمان کوتاه مقادیر قابل توجهی زیست توده تولید می‌کنند. ب) به راحتی از بقایای کشاورزی به‌عنوان غذا استفاده می‌کنند. ج) به لحاظ انرژی و پروتئین ارزش غذایی بالایی داشته و غذای طبیعی پرندگان به شمار می‌روند (Sogari و همکاران، ۲۰۱۹).

در پژوهش جامعی که توسط ولدکمپ^۱ و همکاران (۲۰۱۲) صورت گرفت مشخص شد که پرورش حشرات در مقیاس وسیع و استفاده از آنها به عنوان یک منبع پروتئین پایدار در تغذیه طیور و خوک امکان پذیر است، به ویژه اگر این تکثیر با استفاده از ضایعات کشاورزی، باغی، پسماند صنایع غذایی و دورریز غذای انسانی صورت گیرد. بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۷) و محاسبات انجام شده، میزان پروتئین خام استحصال شده از هر متر مربع کشت سویا حدود ۶۰ گرم در بازه زمانی شش ماهه است (با فرض میانگین تولید ۲ تن دانه سویا در هر هکتار، ماده خشک دانه، ۹۰ درصد، بازده تبدیل دانه به کنجاله، ۷۶ درصد و پروتئین خام کنجاله سویا، ۴۴ درصد)، از سوی دیگر بررسی های میدانی و مرور منابع نشان داده که هرچند مقدار تولید، ماده خشک و پروتئین خام حشرات بسته به گونه پرورش، تغذیه و نوع بستر متغیر است (IPIFF، ۲۰۱۹)، می توان گفت اگر پرورش در شرایط بهینه و به صورت طبقاتی (حداقل ۵ طبقه) صورت گیرد، مقدار میزان پروتئین خام استحصال شده از هر متر مربع پرورش حشره در کمترین حالت به طور میانگین، در حدود ۷۵ گرم در روز و ۱۳/۵ کیلوگرم در طول شش ماه خواهد بود (با فرض میانگین تولید ۰/۵ کیلوگرم لارو تر از هر مترمربع (به صورت ۵ طبقه روی هم)، میانگین ۳۰ درصد ماده خشک و میانگین ۵۰ درصد پروتئین خام). بنابراین میزان پروتئین خام تولیدی حاصل از پرورش حشرات به ازای هر متر مربع زمین در بازه زمانی مشابه، حدود ۲۲۵ برابر کشت سویا برآورد می شود.

فرصت های تغذیه ای برای استفاده از حشرات در خوراک طیور

استفاده از حشرات به عنوان تأمین کننده بخشی از نیاز پروتئین و انرژی طیور کاملاً امکان پذیر است (Ssepuuya و همکاران، ۲۰۱۷؛ Khan، ۲۰۱۸). گسترش و فراگیر شدن این امر بستگی به میزان دسترسی محلی به منابع پسماند ارگانیک (با ارزش غذایی نسبتاً مطلوب) دارد که به هر دلیل مورد استفاده دام و طیور قرار نمی گیرد و می تواند به مصرف حشرات برسد (Lundy و Parrella، ۲۰۱۵). بر اساس بررسی های انجام گرفته در سال های

قابل شرب انسانی صرف آبیاری گیاهانی می شود که مصرف دامی دارند (FAO، ۲۰۰۹؛ Foley و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه بر این، ۱۴/۵ درصد تولید گازهای گلخانه ای جهان (۷/۱ گیگاتون معادل گاز دی اکسید کربن در هر سال) مربوط به صنایع پرورش دام و طیور بوده (Gerber و همکاران، ۲۰۱۳) و میانگین مصرف آب برای هر واحد تولیدات حیوانی بسیار بیشتر از غذاهای گیاهی است (Hoekstra و Mekonnen، ۲۰۱۲).

از سوی دیگر، بررسی پژوهشگران نشان داده که مصرف فرآورده های حیوانی تا سال ۲۰۵۰ بین ۶۰ تا ۷۰ درصد افزایش خواهد یافت که بخش عمده آن از نیاز کشورهای در حال توسعه منشأ می گیرد (FAO، ۲۰۱۱). این افزایش نیازمند منابع خوراکی عظیمی است که تأمین آن با توجه به محدودیت منابع گیاهی رایج، تغییرات آب و هوایی روزافزون و رقابت بر سر استفاده از این منابع به عنوان غذای انسان، خوراک دام یا حتی سوخت به چالش بزرگی تبدیل شده است. قیمت منابع خوراکی رایج مانند ذرت و کنجاله سویا رو به افزایش بوده و دسترسی به آنها برای پرورش دهندگان احتمالاً در آینده محدودتر نیز خواهد شد. استفاده از حشرات آنها به عنوان یکی از راه حل ها مطرح شده است.

اهمیت استفاده از حشرات در تغذیه انسان و دام

حشرات از گذشته های دور به عنوان بخشی از غذای انسان مطرح بوده اند و هم اکنون حدود دو میلیارد نفر در سراسر دنیا به ویژه آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین بخشی از انرژی و پروتئین مورد نیاز روزانه خود را از مصرف این موجودات دریافت می کنند. بحران امنیت غذایی به خصوص در کشورهای در حال توسعه توجه به این منابع خوراکی با ارزش را افزایش داده است. پرورش حشرات یکی از راه های پیشنهاد شده برای بهبود امنیت غذایی برای انسان و حیوان است (Van Huis و همکاران، ۲۰۱۳). رشد و تولیدمثل این موجودات به سادگی رخ می دهد و به دلیل خون سرد بودن، ضریب تبدیل غذایی مناسبی داشته و قادرند پس ماند صنایع کشاورزی را به زیست توده ای با ارزش انرژی و پروتئین مناسب تبدیل نمایند (Collavo و همکاران، ۲۰۰۵).

¹Veldkamp

(Khan, 2018). در جدول ۱، ارزش تغذیه‌ای چند گونه از حشرات و کرم خاکی، سطح استفاده از آنها در جیره طیور و مقایسه آن با پودر ماهی، آرد گلوتن ذرت و کنجاله سویا نشان داده شده است.

اخیر حشرات متعلق به گروه دوبالان (مانند مگس خانگی و مگس سرباز سیاه)، قاب‌بالان (مانند میل‌ورم)، کرم‌های حلقوی (مانند کرم خاکی)، پروانه‌سانان (مانند کرم ابریشم)، راست‌بالان (مانند ملخ و جیرجیرک) در جیره طیور مورد استفاده قرار گرفته‌اند

جدول ۱- خلاصه ارزش تغذیه‌ای چند گونه از حشرات و کرم خاکی، سطح استفاده از آنها در جیره طیور و مقایسه آن با پودر ماهی، آرد گلوتن ذرت و کنجاله سویا*

دامنه	تخمین انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک)**	میانگین درصد ترکیبات شیمیایی (برحسب درصدی از ماده خشک محصول نهایی)				ماده خشک		گونه حشره
		خاکستر	فیبر خام	عصاره اتری (چربی)	پروتئین خام	محصول نهایی خشک و آسیاب شده (درصد)	ماده خشک حشره یا لارو تازه (درصد)	
۱۵-۳۰	۳۷۶۵	۵/۶	۱۱/۷	۱۷/۳	۶۳/۳	۹۰	۲۸/۴	جیرجیرک ^۱
۵-۱۵	۳۸۳۳	۳/۱	۵/۱	۴۰/۰	۴۸/۱	۹۳/۸	۴۲/۲	میل‌ورم ^۲
۵-۱۵	۳۶۶۷	۲۰/۶	۷/۰	۲۶/۰	۴۲/۱	۹۱/۳	۴۰/۵	لارو مگس سرباز ^۳
۳-۱۵	۳۷۶۵	۱۰/۱	۵/۷	۱۸/۹	۵۰/۴	۹۲/۴	۲۴/۳	لارو مگس خانگی ^۴
۲-۱۰	۳۲۹۸	۹/۴	۳/۲	۸/۶	۶۱/۰	۹۰/۸	۱۸	کرم خاکی ^۵
۲/۵-۱۵	۳۴۲۸	۶/۶	۸/۵	۸/۵	۵۷/۳	۹۱/۷	۲۷/۲	ملخ ^۶
۳-۸	۳۱۰۰	۱۸/۴	۰/۹	۹/۹	۷۰/۶	۹۲/۲	-	پودر ماهی
۵-۱۵	۳۹۶۶	۲/۱	۱/۲	۲/۹	۶۷/۲	۹۰/۰	-	آرد گلوتن ذرت
۱۰-۳۵	۲۵۳۲	۷/۴	۷/۲	۱/۹	۴۹/۵	۸۷/۷	-	کنجاله سویا

*منبع: www.feedipedia.org

** تخمین انرژی قابل متابولیسم حشرات بر اساس فرمول ذیل انجام شد (Janssen, 1989):

$$ME_n (\text{kcal/kg DM}) = (35.87 \times \text{DM}) - (34.08 \times \text{ash}) + (42.09 \times \text{EE})$$

^۱(*Acheta domestica*), house cricket meal; ^۲(*Tenebrio molitor*), dried; ^۳(*Hermetia illucens*), dehydrated; ^۴(*Musca domestica*), Housefly maggot meal;

^۵(*Eisenia fetida*), earthworm meal; ^۶(*Schistocerca gregaria*), desert locust meal

در ادامه به معرفی برخی از حشرات و نتایج استفاده از آن در جیره طیور پرداخته می‌شود.

جیرجیرک و ارزش غذایی آن

مواد غذایی انجام می‌شود. این حشرات در مناطق گرم در فضای آزاد و مزارع زندگی کرده و در مناطق سرد و معتدل اکثراً در منازل، فروشگاه‌های مواد غذایی، رستوران‌ها، قنادی‌ها و مکان‌های مشابه سکونت دارند (مدرس اول، ۱۳۷۲) و به جیرجیرک خانگی مناطق حاره نیز معروف است. جیرجیرک به دلیل داشتن ارزش غذایی مناسب در مناطق زیادی از دنیا از جمله آفریقا، آمریکای

جیرجیرک (*Grylloides sigillatus*) حشره‌ای است کوچک‌جثه از خانواده Gryllidae و راسته Orthoptera که بومی جنوب غربی آسیا است، ولی در مناطق مختلف جهان گسترش یافته است. طول این حشره در هنگام بلوغ به ۱۳ تا ۱۸ میلی‌متر رسیده و به رنگ قهوه‌ای یا زرد روشن است (شکل ۱). تغذیه جیرجیرک عمدتاً از پس‌مانده‌های کشاورزی یا باقیمانده

خام آن بین ۴۶۵۷ تا ۶۲۰۹ کیلوکالری در هر کیلوگرم گزارش شده است (Finke, ۲۰۰۲؛ Wang و همکاران، ۲۰۰۵). در پژوهش انجام شده در مؤسسه تحقیقات علوم دامی ترکیب شیمیایی و انرژی خام جیرجیرک خانگی (به صورت دست نخورده) بر حسب ماده خشک به صورت ذیل بود: انرژی خام، ۴۵۲۳ کیلوکالری در کیلوگرم، ماده خشک ۲۵/۱ درصد، پروتئین خام، ۵۵/۶ درصد، چربی خام، ۱۵/۳ درصد، خاکستر کل، ۱۱/۷ درصد، کلسیم، ۴/۳ درصد و فسفر، ۳/۳ درصد (رضایی، ۱۳۸۳).

جنوبی و آسیا به عنوان غذای انسان مصرف می‌شود. پرورش تجاری این حشره به عنوان خوراک انسان و حیوانات (دام، طیور و آبزیان) در جنوب شرق آسیا رو به گسترش است، مثلاً در سال ۲۰۱۲ در تایلند حدود ۲۰۰۰۰ نفر به این حرفه مشغول بوده‌اند (Van Huis و همکاران، ۲۰۱۳). میزان پروتئین خام پودر خشک شده جیرجیرک، بین ۵۵ تا ۶۷ درصد، NDF، ۱۵/۷ تا ۲۲/۱ درصد، ADF، ۹/۶ تا ۱۰/۴ درصد، خاکستر، ۳/۶ تا ۹/۱ درصد، چربی خام (عصاره اتری)، ۹/۸ تا ۲۲/۴ درصد و انرژی



شکل ۱- نمونه جیرجیرک خشک شده به روش انجماد خشک

کاربرد جیرجیرک در تغذیه طیور

شاهد بر پایه ذرت و سویا شد (Nakagaki و همکاران، ۱۹۸۷). در پژوهش مذکور از متیونین و آرژنین به عنوان اسیدهای آمینه محدودکننده در پودر جیرجیرک یاد شده است. در پژوهشی دیگر استفاده از حداکثر ۱۵ درصد پودر جیرجیرک در جیره (به- عنوان جایگزین بخشی از کنجاله سویا) در دوره ۸ تا ۲۰ روزگی، هیچ گونه اثر منفی بر افزایش وزن، خوراک مصرفی یا ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی نداشت (Wang و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق میزان کیتین پودر جیرجیرک ۸/۷ درصد گزارش شد. در پژوهشی تازه‌تر، افزودن حدود ۱۶ درصد پودر جیرجیرک خانگی به جیره جوجه‌های گوشتی سبب بهبود افزایش وزن در مقایسه با جیره بر پایه ذرت- کنجاله سویا شده و نرخ

حشرات از جمله ملخ یا جیرجیرک جزو خوراک طبیعی طیور به شمار می‌روند و از پرندگان (به‌ویژه گونه‌های پرورش یافته در فضای باز) به عنوان یکی از عوامل کنترل کننده جمعیت حشرات یاد شده است (Makkar و همکاران، ۲۰۱۴). در دهه هشتاد میلادی، پژوهشگران با خوراندن جیره حاوی ۶۲ درصد دانه ذرت و ۳۰ درصد پودر جیرجیرک به جوجه‌های گوشتی در مدت ۲۱ روز، بهبود رشد را در مقایسه با پرندگان مصرف کننده جیره شاهد (حاوی ذرت، پودر ماهی و پودر گوشت و استخوان) گزارش کردند (DeFoliart و همکاران، ۱۹۸۲). از سوی دیگر استفاده از پودر جیرجیرک (*Acheta domestica*) به میزان ۲۵ درصد در جیره، سبب بهبود بازده خوراک در مقایسه با جیره هم‌پروتئین

² free-range poultry

بازده پروتئین را نیز افزایش داد (Abdul Razak و همکاران، ۲۰۱۲). این پژوهشگران نتیجه گرفتند که پودر جیرجیرک دارای مقادیر قابل توجه انرژی و پروتئین بوده و قابل استفاده در خوراک طیور است.

میل‌ورم و ارزش غذایی آن

میل‌ورم^۳ لارو گونه‌ای سوسک شب‌زی (شب‌رو) با نام علمی *Tenebrio molitor* از خانواده Tenebrionidae است که سراسر جهان یافت شده و چون آفت غلات، آرد و غذای انباری به شمار می‌رود به کرم آرد یا میل‌ورم زرد^۴ یا میل‌ورم معمولی^۵ نیز معروف است (Ramos-Elorduy و همکاران، ۲۰۰۲). تکثیر و تغذیه آنها آسان بوده و ارزش پروتئینی بالایی دارند. لارو بالغ به رنگ زرد یا قهوه‌ای روشن بوده و حدود ۲۰ تا ۳۲ میلی‌متر طول دارد (Finke، ۲۰۰۲) این لارو در دنیا به صورت صنعتی تکثیر شده و به شکل زنده، کنسرو شده، خشک شده و پودر شده به‌عنوان خوراک حیوانات خانگی، پرندگان، پستانداران کوچک و ماهی‌ها عرضه می‌شود. میزان پروتئین خام پودر خشک شده این لارو، بین ۳۱ تا ۵۳ درصد، فیبر خام، ۱۰ تا ۱۵ درصد، خاکستر، ۳ تا ۵ درصد، چربی خام (عصاره اتری)، ۳۱ تا ۴۳ درصد و انرژی خام آن بین ۵۸۹۰ تا ۶۵۲۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم گزارش شده است (Makkar و همکاران، ۲۰۱۴). از مزایای این لارو می‌توان به قابلیت تجزیه سموم از جمله سم زیرالنون و تبدیل آن به ماده غیر سمی آلفا-زیرالنول اشاره کرد که خطر انتقال سموم احتمالی به مصرف‌کننده را به حداقل می‌رساند (Hrunung، ۱۹۹۱). همچنین گزارش شده که وجود مقادیری کیتین در این لارو به دلیل خاصیت پری‌بیوتیکی می‌تواند اثرات مفیدی بر سیستم ایمنی مصرف‌کننده محصول داشته باشد (Bovera و همکاران، ۲۰۱۵).

³ Mealworm

⁴ Yellow mealworm

⁵ Regular mealworm



شکل ۲- نمونه میل ورم معمولی خشک شده به روش انجماد خشک

نوعی دیگری از میل ورم نیز وجود دارد که در واقع لارو سوسک دیگری با نام علمی (*Alphitobius diaperinus*) به شمار می‌رود. ابعاد سوسک بالغ در این گونه حدود ۶ میلی‌متر و حدود نصف اندازه سوسک بالغ *Tenebrio molitor* است و لذا به آن میل ورم کوچک^۶ نیز گفته می‌شود (Bjorge و همکاران، ۲۰۱۸). در شکل ۳ تفاوت اندازه میل ورم زرد و میل ورم کوچک نشان داده شده است.



شکل ۳- تفاوت اندازه میل ورم زرد (*yellow mealworm*) و میل ورم کوچک (*lesser meal worm*)

⁶ Lesser mealworm

کاربرد میل ورم در تغذیه طیور

تقریباً تمامی پژوهش‌های انجام شده درباره استفاده از میل ورم در تغذیه طیور مربوط به میل ورم زرد بوده است. مثلاً در پژوهش وانگ^۷ و همکاران (۱۹۹۶) جایگزینی پودر ماهی با میل ورم آسیاب شده در جیره مرغان تخم‌گذار، میزان تولید تخم‌مرغ را ۲/۴ درصد افزایش داد. جیانونه^۸ (۲۰۰۳) نیز بیان نمودند که استفاده از میل ورم برای تأمین بخشی از احتیاجات غذایی مرغان تخم‌گذار امکان‌پذیر است. در تحقیقی که روی جوجه‌های گوشتی انجام شد، استفاده از حداکثر ده درصد میل ورم خشک شده در جیره آغازین بر پایه سورگوم- سویا اثر منفی بر میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن و بازده خوراک نداشت (Ramos-Elorduy و همکاران، ۲۰۰۲). نتیجه مشابه توسط اسکیاوونه^۹ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شد. در پژوهش بوورا^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۵) جایگزینی کنجاله سویا با میل ورم در دوره ۳۰ تا ۶۲ روزگی، اثر معنی‌داری بر نرخ رشد و خوراک مصرفی جوجه-های گوشتی نداشت، ولی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک و کاهش نسبت آلبومین به گلوبولین شد که نشانگر تقویت پاسخ ایمنی پرنده است. در پژوهشی دیگر، افزودن ۱۵ درصد میل ورم به جیره جوجه‌های گوشتی (به‌عنوان جایگزین بخشی از کنجاله سویا، آرد گلوتن ذرت و روغن سویای جیره) ضمن بهبود فراسنجه‌های خونی (کاهش غلظت آلبومین و افزایش شمار اریتروسیت‌ها)، اثر منفی بر فراسنجه‌های ریخت‌شناختی روده یا بافت‌شناختی کبد جوجه‌های گوشتی نداشت (Biasato و همکاران، ۲۰۱۷). در تحقیق مذکور خصوصیات لاشه نیز تحت تأثیر قرار نگرفت. در پژوهش علیزاده قمصری (۱۳۹۹) اختلاف صفات عملکرد و فراسنجه‌های خونی بین گروه‌های دریافت‌کننده آرد گلوتن ذرت و میل ورم (هرکدام یک تا سه درصد جیره)، معنی‌دار نبود. در تحقیق مذکور، پاسخ ایمنی سلولی و هومورال در گروه‌های دریافت‌کننده میل ورم قوی‌تر از گروه دریافت‌کننده آرد گلوتن ذرت بود.

لارو مگس سرباز سیاه و ارزش غذایی آن

مگس سرباز سیاه (*Hermetia illucens*) حشره‌ای متعلق به خانواده *Stratiomyidae* و احتمالاً بومی آمریکای جنوبی است که البته در حال حاضر در بسیاری از مناطق حاره‌ای جهان گسترش یافته است (شکل ۴). از آنجا که این حشره برای جفت‌گیری نیاز به سطوح بالای اشعه فرابنفش و دمای بالای ۲۴ درجه سانتی‌گراد دارد، در مناطق سردتر به‌عنوان یک گونه غیر مهاجم به شمار می‌آید (IPIFF، ۲۰۱۹). این حشرات از تماس با انسان اجتناب نموده و عموماً آفت یا عامل بیماری‌زا محسوب نمی‌شوند (Khan، ۲۰۱۸). لارو این حشره به طور طبیعی در فضولات دام و طیور یافت شده و می‌تواند بر روی پس‌مانده‌های آلی مانند تفاله دانه قهوه، سبزیجات، تفاله گوجه‌فرنگی و ضایعات گوشت و ماهی رشد نموده و به گفته برخی محققان به طور طبیعی حاوی آنتی‌بیوتیک است (Newton و همکاران، ۲۰۰۸).

7 Wang

8 Giannone

9 Schiavone

10 Bovera



شکل ۴ - از راست به چپ، شفیره، لارو و مگس سرباز سیاه بالغ

افزایش وزن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی امکان پذیر است. در پژوهش مائورر^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۶)، پودر چربی گیری شده لارو مگس سرباز سیاه، به میزان ۵۰ یا ۱۰۰ درصد جایگزین کنجاله سویا در جیره مرغ‌های تخم گذار شد (۱۲ و ۲۴ درصد کل جیره). در پایان سه هفته آزمایش، بین گروه‌های دریافت کننده لارو مگس و شاهد، تفاوت معنی داری از نظر تولید و وزن تخم مرغ، مقدار خوراک مصرفی و بازده خوراکی وجود نداشت. در پژوهش دیگر، استفاده از ۱۰ یا ۱۵ درصد لارو مگس سرباز سیاه در جیره (به ترتیب جایگزین ۲۸ درصد روغن سویا + ۱۶ درصد کنجاله سویای جیره و ۱۰۰ درصد روغن سویا + ۲۵ درصد کنجاله سویای جیره) هیچ گونه اثر منفی بر افزایش وزن، خوراک مصرفی، ضریب تبدیل غذایی و تلفات جوجه بلدرچین‌ها نداشت (Cullere و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی تازه‌تر، از سطوح صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پودر مگس سرباز سیاه چربی-گیری شده در جیره جوجه‌های گوشتی در دوره ۱ تا ۳۵ روزگی استفاده شد (Dabbu و همکاران، ۲۰۱۸). در پایان آزمایش مذکور، بالاترین وزن زنده و مناسب‌ترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در تیمارهای حاوی ۱۰ و ۵ درصد لارو مگس سرباز مشاهده شد.

لارو مگس خانگی و ارزش غذایی آن

مگس خانگی (*Musca domestica*) جزو فراوان‌ترین گونه‌های حشرات و متعلق به خانواده *Muscidae* بوده که در سرتاسر جهان از جمله قاره‌های اروپا، آمریکا و آسیا گسترش یافته است

مقدار ماده خشک لارو تازه این حشره نسبتاً بالا (بین ۳۵ تا ۵۰ درصد) بوده که این موضوع خشک کردن آن را نسبت به سایر فرآورده‌های تازه حاصل از حشرات ساده‌تر می‌نماید (Newton و همکاران، ۲۰۰۸). آنالیز تقریبی لارو مگس سرباز سیاه نشانگر وجود ۴۱/۱ تا ۴۳/۶ درصد پروتئین خام، ۱۵/۰ تا ۳۴/۸ درصد عصاره اتری، ۷/۰ درصد فیبر خام، ۱۴/۶ تا ۲۸/۴ درصد خاکستر و حدود ۵۲۷۸ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی خام بر اساس ماده خشک بود (Arango-Gutierrez و همکاران، ۲۰۰۴؛ St-Hilareie و همکاران، ۲۰۰۷). در تحقیقات مختلف مقدار کلسیم لارو این حشره بسته به مرحله زندگی متغیر بوده و از ۰/۸۰-۰/۹۸ (Maurer و همکاران، ۲۰۱۶) تا ۵-۸ درصد ماده خشک (Arango-Gutierrez و همکاران، ۲۰۰۴) گزارش شده است.

کاربرد لارو مگس سرباز در تغذیه طیور

در بین حشرات، احتمالاً بیشترین پژوهش‌ها برای استفاده در تغذیه طیور بر روی این گونه انجام شده و سابقه آن به حدود نیم قرن پیش برمی‌گردد که در آن نرخ رشد جوجه‌های تغذیه شده با لارو مگس سرباز سیاه به‌عنوان جایگزین کامل کنجاله سویا تفاوت معنی داری با گروه شاهد نداشت (Hale، ۱۹۷۳). در پژوهش‌های جدیدتر، ارزش غذایی لارو مگس سرباز سیاه برای طیور قابل رقابت با پودر ماهی بوده و از برخی جنبه‌ها برتر از کنجاله سویا بود (Oluokun، ۲۰۰۰). این پژوهشگر پیشنهاد نمود که جایگزینی کامل پودر لارو این مگس با پودر ماهی در جیره بدون هرگونه اثر منفی بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی مانند

¹¹ Maurer

مواد آلی موجود در زباله‌های شهری رشد نماید. این لاروها سرعت رشد و نمو و ارزش غذایی مناسبی داشته و به آسانی فرآوری می‌شوند (Moreki و همکاران، ۲۰۱۲).



(شکل ۵). زمان تخم‌ریزی تا خروج از تخم حدود یک روز و دوره رسیدن به بلوغ بین ۲ تا ۳۰ روز به طول می‌انجامد (IPIFF، ۲۰۱۹). لارو این حشره قادر است بر روی فضولات دام و طیور و



شکل ۵ - لارو مگس خانگی (راست)، مگس بالغ (چپ)

خانگی استفاده نمود. نوع بستر اثر معنی‌داری بر آنالیز تقریبی لارو به دست آمده نداشته و مقدار پروتئین خام لارو مگس خانگی به طور میانگین، ۵۱/۹۵ درصد، چربی، ۱۹/۹۳ درصد، خاکستر، ۵/۰۵ درصد و رطوبت آن ۱۸/۵۶ درصد بود. در بین بسترهای مورد آزمایش، هزینه تمام شده برای تولید یک کیلوگرم لارو خشک مگس خانگی در بستر کود مرغی به‌طور معنی‌داری کمتر از کود گوسفندی و پس‌ماند میادین میوه و تره‌بار بوده و کود گاوی در رتبه دوم قرار داشت.

کاربرد لارو مگس خانگی در تغذیه طیور

پژوهش‌های متعدد نشان داده که لارو مگس خانگی (به صورت خشک یا تازه) می‌تواند بدون اثرگذاری منفی بر ماندگاری، افزایش وزن، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی و تولید تخم‌مرغ، جایگزین منابع پروتئینی رایج حیوانی (مانند پودر گوشت یا پودر ماهی) در جیره جوجه گوشتی (Adesina و همکاران، ۲۰۱۱؛ Okah و Onwujiariri، ۲۰۱۲)، اردک (Mensah و همکاران، ۲۰۰۷) و مرغ تخم‌گذار (Agunbiade و همکاران، ۲۰۰۷) شود. در پژوهشی استفاده از ۱۰ تا ۱۵ درصد

لارو مگس خانگی غنی از پروتئین (۶۳/۹۹ درصد) و عصاره اتری (۲۴/۳۱ درصد) است (Hwangbo و همکاران، ۲۰۰۹). با افزایش طول دوره خشک شدن و سن لارو مقدار پروتئین خام کاهش و عصاره اتری افزایش می‌یابد (Aniebo و Owen، ۲۰۱۰). نتایج آنالیز تقریبی در یک پژوهش، نشانگر وجود ۶۰/۳۸ درصد پروتئین خام، ۱۴/۰۸ درصد عصاره اتری، ۱۰/۶۸ درصد خاکستر و ۴۸۰۰ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی خام در پودر لارو مگس خانگی و ۷۶/۲۳ درصد پروتئین خام، ۱۴/۳۹ درصد عصاره اتری، ۷/۷۳ درصد خاکستر و ۴۸۷۷ کیلوکالری در کیلوگرم انرژی خام در پودر سفیره مگس خانگی بر اساس ماده خشک بود (Pretorius، ۲۰۱۱). در این تحقیق مقدار انرژی قابل متابولیسم پودر لارو و سفیره مگس خانگی را به ترتیب حدود ۳۳۹۹ و ۳۶۱۸ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد شد. بر اساس نتایج این پژوهش مقدار انرژی قابل متابولیسم، کلسیم، فسفر و محتوای کل اسیدهای آمینه لارو مگس خانگی بالاتر از کنجاله سویا بود. هاشمی (۱۳۹۹)، از چهار نوع بستر مختلف (کود مرغی، کود گاوی، کود گوسفندی و پس‌ماند میادین میوه و تره‌بار)، برای پرورش مگس

انرژی قابل متابولیسم آن بین ۳۹۲۳ تا ۴۰۱۸ کیلوکالری در کیلوگرم برآورد شده است (Sun و همکاران، ۲۰۱۲). نوع جیره غذایی ملخ، جنس، مرحله رشد و شرایط محیطی از عوامل اثرگذار بر ترکیب شیمیایی آن هستند. ارزش غذایی این حشره (از نظر پروتئین، کربوهیدرات و عصاره اتری)، آن را با محصولاتی مانند پودر ماهی و یا کنجاله سویا قابل رقابت می‌سازد. این حشره مقادیر مناسبی از ویتامین‌های تیامین، نیاسین و ریوفلاوین را داشته، ولی از نظر مقدار ویتامین C و املاح معدنی تا حدودی فقیرتر از گوشت، ماهی، سویا و ذرت است (Khan، ۲۰۱۸).

ملخ صحرایی (*Schistocerca gregaria*) گونه‌ای از ملخ است که بیشتر به صورت گروهی و در مناطقی مانند آفریقا، غرب و جنوب غربی آسیا (از جمله کشورهای عربی و ایران) یافت شده و شکل بدن آنها در طول نسل‌ها به دلیل شرایط محیطی تغییراتی یافته است (شکل ۶) (Khusro و همکاران، ۲۰۱۲). در پژوهش انجام شده مقدار پروتئین خام، فیبر خام، عصاره اتری و خاکستر این گونه به ترتیب حدود ۵۲/۳، ۱۹، ۱۲ و ۱۰ درصد اندازه‌گیری شده (Adeyemo و همکاران، ۲۰۰۸) و انرژی قابل متابولیسم آن حدود ۲۷۱۴ کیلوکالری در کیلوگرم گزارش شده است (Gibreil و Idris، ۱۹۹۷). برخی گزارش‌ها در آمریکای جنوبی حاکی از وجود مقادیر بالایی از فلزات سنگین مانند سرب در معروف‌ترین ملخ خوراکی آن منطقه موسوم به chapulin بوده است (Cohen و همکاران، ۲۰۰۹)؛ همچنین از آنجا که ملخ‌ها جزو آفات مزارع کشاورزی به شمار می‌روند، مقادیر نسبتاً بالا از بقایای سموم زارعی در آنها گزارش شده است. پژوهش‌ها نشان داده که مصرف ملخ بدون جداسازی پا می‌تواند به دلیل وجود خارهای درشت در ناحیه ران ملخ سبب یبوست یا گرفتگی روده‌ها شود که تنها راه درمان آن در انسان جراحی است (van Huis و همکاران، ۲۰۱۳).

لارو مگس خانگی سبب بهبود عملکرد و کیفیت لاشه جوجه‌های گوشتی در مقایسه با تیمار شاهد شد (Hwangbo و همکاران، ۲۰۰۹). این در حالی است که برخی دیگر از پژوهشگران گزارش کردند که استفاده بیش از ۱۰ درصد از لارو مگس خانگی در جیره طیور احتمالاً به دلیل تیره‌شدن رنگ خوراک و کم شدن اشتهای پرنده، منجر به کاهش مصرف خوراک و عملکرد می‌شود (Bamgbose، ۱۹۹۹). دلیل دیگر بروز این پدیده ممکن است عدم توازن پروفایل اسیدهای آمینه در این شرایط باشد (Makkar و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهشی تازه‌تر مشخص شد افزودن حداکثر ۶ درصد پودر لارو مگس خانگی به جیره در دوره ۱ تا ۲۸ روزگی می‌تواند سبب بهبود وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی شود (Khan و همکاران، ۲۰۱۸).

ملخ و ارزش غذایی آن

ملخ‌ها (*Schistocerca Spp.*) متعلق به راسته راست‌بالان و زیر راسته ملخی‌ها، احتمالاً جزء قدیمی‌ترین گروه زنده حشرات گیاه‌خوار هستند که قدمشان به حدود ۲۵۰ میلیون سال پیش باز می‌گردد. ملخ (grasshopper) با نام علمی (*Schistocerca americana*) در زمین‌های زراعی، چمنزارها، تالاب‌ها و ... یافت می‌شود (شکل ۶) (Khusro و همکاران، ۲۰۱۲). در صورت امکان رصد و کنترل دقیق، صید ملخ از این زیستگاه‌ها ممکن است بتواند از یک طرف سبب کاهش مصرف حشره‌کش-های زیان‌بار شیمیایی در سطح مزارع و کمک به تولید پایدار محصولات کشاورزی شده و از طرف دیگر به‌عنوان یک مکمل پروتئینی در جیره طیور مصرف شود (khan، ۲۰۱۸).

ارزش غذایی این حشره بسته به گونه مورد استفاده، مرحله تکامل و نوع فرآیندسازی محصول متغیر بوده و مثلاً پروتئین خام آن بین ۲۹ تا ۷۷ درصد گزارش شده است (Tran و Heuzé، ۲۰۱۳). محصول به دست آمده از این حشره همچنین بین ۱/۰۶ تا ۳/۸۹ درصد فیبر خام، ۴/۳۱ تا ۹/۹۷ درصد خاکستر، ۴/۱۸ تا ۲۶/۵۲ درصد عصاره اتری (چربی) و ۸/۷۳ درصد کیتین داشته و



شکل ۶- ملخ (grasshopper) (سمت راست)، ملخ صحرائی (locust) (سمت چپ)

کاربرد ملخ در تغذیه طیور

پژوهشگران در سال‌های گذشته مقدار ۲۰ و ۴۰ درصد از پودر ماهی موجود در جیره جوجه‌های گوشتی را با پودر ملخ جایگزین نموده و هیچ اثر منفی بر افزایش وزن و مصرف خوراک مشاهده نکردند (Lian و Liu، ۲۰۰۳). در پژوهش دیگر، سطح مناسب استفاده از پودر ملخ در جیره دوره ۱ تا ۴۹ روزگی جوجه‌های گوشتی ۲/۵ درصد (جایگزین کل پودر ماهی جیره) پیشنهاد شد (Ojewola و همکاران، ۲۰۰۵). در تحقیق دیگری استفاده از حداکثر ۱۵ درصد پودر ملخ در کل جیره در دوره ۸ تا ۲۰ روزگی اثر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نشان نداد (Wang و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهشی که بر روی جوجه‌های گوشتی پرورش یافته به صورت (free-range) در منطقه دارای جمعیت ملخ زیاد صورت گرفت، هرچند عملکرد این پرندگان در مقایسه با جوجه‌های تغذیه شده با در محیط بسته و جیره تجاری رایج (ذرت- کنجاله سویا) کمتر بود، ولی توان آنتی‌اکسیدانی پرنده و خصوصیات فیزیوشیمیایی گوشت تولیدی مناسب‌تر از گروه شاهد بود (Sun و همکاران، ۲۰۱۳). در صورت رعایت ضوابط زیست‌محیطی، این موضوع می‌تواند برای تولید محصولات ارگانیک مورد توجه قرار گیرد. نتایج پژوهشی که بر روی مرغ‌های تخم‌گذار صورت گرفت نشان داد که جایگزینی کامل پودر ماهی با پودر ملخ (حداکثر ۸ درصد جیره) هیچ‌گونه اثر منفی بر مصرف خوراک، تولید تخم‌مرغ، ضریب تبدیل غذایی و صفات کیفی تخم‌مرغ ندارد (Brah و همکاران، ۲۰۱۷).

کرم خاکی و ارزش غذایی آن

کرم‌های خاکی (earthworm) از راسته کرم‌های حلقوی بوده (شکل ۷) و برحسب روش تغذیه به سه طبقه بوم‌شناختی تقسیم می‌شوند: الف) اندوژنیک^{۱۲} (تغذیه‌گران خاک)، ب) انسیک^{۱۳} (نقب‌زن‌ها) و ج) اپیژنیک^{۱۴} (تغذیه‌گران بستر).

¹² endogeic

¹³ anecic

¹⁴ epigeic



شکل ۷- کرم خاکی (*Lumbricus terrestris*)

کرم خاکی، ۶۳ درصد بود. نتیجه مشابه در بلدرچین ژاپنی نیز گزارش شده است (Prayogi, ۲۰۱۱). نتایج پژوهش دیگر نشان داد که استفاده از ۲ و یا ۳ درصد پودر کرم خاکی به همراه ۱ درصد ورمی‌هوموس (*vermihumus*) سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شد (Bahadori و همکاران، ۲۰۱۵). پژوهش‌ها همچنین نشان داده کرم خاکی (به صورت خشک و تازه) به‌عنوان یک منبع خوراکی طبیعی برای پرندگان پرورش یافته در شرایط باز (free range) قابل استفاده است (Tiroesele و Moreki, ۲۰۱۲). نکته حائز اهمیت احتمال وجود فلزات سنگین مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب در کرم‌های خاکی است که توسط برخی پژوهشگران در هنگام استفاده از پودر این کرم در جیره طیور گزارش شده است (Son, ۲۰۰۶).

چالش‌های تولید و استفاده از حشرات در تغذیه انسان و دام

پژوهش استادی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داده موانع بهداشتی و غذایی در تولید حشرات خوراکی از دیدگاه تولیدکنندگان دام و طیور و متخصصان در ایران اهمیت زیادی دارد. سایر تحقیقات نیز نشان داده امنیت بهداشتی و غذایی و آلرژی به حشرات از موانع پذیرش حشرات خوراکی است (DeFoliart, ۱۹۹۲؛ Yates-Doerr, ۲۰۱۵؛ Cicatiello و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیقی

گونه‌های متعلق به طبقه اول و دوم بر روی مخلوطی از مواد آلی و خاک تغذیه نموده، ولی گونه‌های آلی متعلق به طبقه سوم منحصراً از مواد آلی تغذیه می‌کنند (Dominguez و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهش‌های مختلف، دامنه نتایج آنالیز تقریبی ترکیبات گونه‌های مختلف کرم خاکی متنوع بوده و مقدار پروتئین خام بین ۳۸/۸۷ تا ۶۳/۰۶، فیبر خام بین ۰/۱۹ تا ۱/۹، عصاره اتری بین ۳/۷۱ تا ۱۸/۵، خاکستر بین ۵/۸۱ تا ۴۳/۵ و عصاره فاقد ازت بین ۹/۸۱ تا ۱۲/۴۱ درصد گزارش شده است (Khan, ۲۰۱۸). همچنین مقدار انرژی قابل متابولیسم گونه‌ای از کرم خاکی، حدود ۳۵۲۵ کیلوکالری در کیلوگرم ماده خشک برآورد شده است (Tiroesele و Moreki, ۲۰۱۲). در پژوهش عبادی و همکاران (۱۳۸۸)، ارزش غذایی و ترکیبات شیمیایی پودر کرم خاکی (*Eisenia fetida*) به صورت ذیل گزارش شد: ماده خشک، ۹۲/۶۷؛ پروتئین خام، ۵۵/۰۲؛ خاکستر، ۱۰/۸۴ و چربی، ۷/۰۳ درصد. همچنین انرژی قابل متابولیسم پودر این کرم معادل ۳۲۵۸ کیلوکالری در کیلوگرم محاسبه شد.

کاربرد کرم خاکی در تغذیه طیور

در پژوهشی افزودن ۱۰ درصد پودر کرم خاکی به جیره جوجه‌های گوشتی (به‌عنوان جایگزین بخشی از کنجاله سویا و پودر ماهی) سبب بهبود افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک شد (Loh و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهش فوق قابلیت هضم پروتئین خام پودر

در هلند، تردید در سلامت مواد غذایی تولیدی یکی از عوامل عدم پذیرش حشرات خوراکی بیان شد (Pascucci و Magistris, ۲۰۱۳). پژوهش‌ها همچنین نشان داده که احتمال خطر آلودگی حشرات به عوامل بیماری‌زا، آلودگی به فلزات سنگین (مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب) و ترکیبات شیمیایی هم در طول چرخه زندگی حشرات و هم بعد از برداشت و نگهداری آنها وجود دارد (Van Broekhoven, ۲۰۱۵؛ Hamerman, ۲۰۱۶). احتمال بروز انواع خطرات بیولوژیکی و شیمیایی از طریق حشرات خوراکی توسط محققان اداره ایمنی مواد غذایی اروپا مورد بررسی قرار گرفته است (EFSA, ۲۰۱۵). این در حالی است که در پژوهشی، خطر آلودگی میکروبی و باقی‌مانده سموم در حشرات خوراکی کمتر از سایر محصولات پروتئینی گزارش شد (Jozefiak و همکاران, ۲۰۱۶). همچنین تحقیقات نشان داده که استفاده از انجماد خشک و یا فرآیند پخت می‌تواند خطرات بالقوه حشرات را از لحاظ آلودگی به انواع انگل و باکتری به میزان قابل توجهی کاهش دهد (EFSA, ۲۰۱۵). از سوی دیگر فرآوری نامناسب حشرات خوراکی ممکن است منجر به ایجاد مسمومیت غذایی شود (Egan, ۲۰۱۳). صرف نظر از ملاحظات بهداشتی، در اولویت‌بندی موانع اقتصادی رشد این صنعت نوپا می‌توان به عدم اطمینان تولیدکنندگان دام و طیور از سوددهی مناسب در صورت استفاده از حشرات خوراکی، عدم وجود بازارهای تخصصی در زمینه حشرات خوراکی و فرآورده‌های آن و عدم فرهنگ‌سازی در جامعه برای مصرف فرآورده‌های گوشتی حاصل از تغذیه دام و طیور با حشرات اشاره نمود (استادی و همکاران, ۱۳۹۶). عامل محدودکننده دیگری که باید مد نظر قرار گیرد کم بودن مقدار زیست‌توده خشک حاصل از پرورش برخی گونه‌های حشرات (مانند لارو مگس خانگی) به دلیل بالا بودن مقدار رطوبت لارو زنده است که ممکن است تولید اقتصادی آن را دچار چالش نماید. این در حالی است در اتحادیه اروپا تاکنون مجوز پرورش ۳ گونه جیرجیرک (*Grylloides sigillatus*, *Gryllus assimilis*, *Acheta domestics*)، میل‌ورم (*Alphitobius*)

در هلند، تردید در سلامت مواد غذایی تولیدی یکی از عوامل عدم پذیرش حشرات خوراکی بیان شد (Pascucci و Magistris, ۲۰۱۳). پژوهش‌ها همچنین نشان داده که احتمال خطر آلودگی حشرات به عوامل بیماری‌زا، آلودگی به فلزات سنگین (مانند آرسنیک، کادمیوم، کروم و سرب) و ترکیبات شیمیایی هم در طول چرخه زندگی حشرات و هم بعد از برداشت و نگهداری آنها وجود دارد (Van Broekhoven, ۲۰۱۵؛ Hamerman, ۲۰۱۶). احتمال بروز انواع خطرات بیولوژیکی و شیمیایی از طریق حشرات خوراکی توسط محققان اداره ایمنی مواد غذایی اروپا مورد بررسی قرار گرفته است (EFSA, ۲۰۱۵). این در حالی است که در پژوهشی، خطر آلودگی میکروبی و باقی‌مانده سموم در حشرات خوراکی کمتر از سایر محصولات پروتئینی گزارش شد (Jozefiak و همکاران, ۲۰۱۶). همچنین تحقیقات نشان داده که استفاده از انجماد خشک و یا فرآیند پخت می‌تواند خطرات بالقوه حشرات را از لحاظ آلودگی به انواع انگل و باکتری به میزان قابل توجهی کاهش دهد (EFSA, ۲۰۱۵). از سوی دیگر فرآوری نامناسب حشرات خوراکی ممکن است منجر به ایجاد مسمومیت غذایی شود (Egan, ۲۰۱۳). صرف نظر از ملاحظات بهداشتی، در اولویت‌بندی موانع اقتصادی رشد این صنعت نوپا می‌توان به عدم اطمینان تولیدکنندگان دام و طیور از سوددهی مناسب در صورت استفاده از حشرات خوراکی، عدم وجود بازارهای تخصصی در زمینه حشرات خوراکی و فرآورده‌های آن و عدم فرهنگ‌سازی در جامعه برای مصرف فرآورده‌های گوشتی حاصل از تغذیه دام و طیور با حشرات اشاره نمود (استادی و همکاران, ۱۳۹۶). عامل محدودکننده دیگری که باید مد نظر قرار گیرد کم بودن مقدار زیست‌توده خشک حاصل از پرورش برخی گونه‌های حشرات (مانند لارو مگس خانگی) به دلیل بالا بودن مقدار رطوبت لارو زنده است که ممکن است تولید اقتصادی آن را دچار چالش نماید. این در حالی است در اتحادیه اروپا تاکنون مجوز پرورش ۳ گونه جیرجیرک (*Grylloides sigillatus*, *Gryllus assimilis*, *Acheta domestics*)، میل‌ورم (*Alphitobius*)

نتیجه‌گیری

پرورش حشرات یا لارو آنها (به دلیل داشتن رشد سریع، ارزش غذایی بالا و تغذیه از پس‌مانده‌های صنایع کشاورزی) به‌عنوان یک گزینه برای استفاده در جیره طیور به‌ویژه در شرایط تنگناهای اقتصادی و محدودیت واردات مطرح است. نتایج پژوهشگران حاکی از سطوح مناسب پروتئین خام (بین ۴۲/۱ تا ۶۳/۳ درصد) و انرژی قابل متابولیسم (بین ۳۲۹۸ تا ۳۸۳۳ کیلوکالری در کیلوگرم) در حشرات مورد بررسی و امکان‌پذیر بودن استفاده از این حشرات یا لارو آنها در جیره طیور (به‌طور معمول ۵ درصد جیره) است. این ترکیبات می‌توانند جایگزین پودر ماهی یا آرد گلوتن ذرت یا بخشی از کنجاله سویای جیره شده و اثر منفی بر عملکرد یا سایر فراسنجه‌های مورد اندازه‌گیری در پرندگان نداشتند. به منظور ترویج استفاده از حشرات در تغذیه طیور باید نکاتی

- Abdul Razak, I., Yusof, H.A. and Engku. A.E.A. (2012). Nutritional evaluation of house cricket (*Brachytrupes portentosus*) meal for poultry. In: *proceedings of the 7th Seminar in Veterinary Sciences*. Universiti Putra, Malaysia p. 14-18.
- Adesina, M.A., Adejimi, O.O., Omole, A.J., Fayenuwo, J.A. and Osunkeye. O. (2011). Performance of broilers' finishers fed graded levels of cassava peel-maggot meal-based diet mixtures. *Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences*. 9: 226-231.
- Adeyemo G.O., Longe, O.G. and Lawal, H.A. (2008). Effects of feeding desert locust meal (*Schistocerca gregaria*) on performance and haematology of broilers. Tropentag; October 7-9; Hohenheim, Germany. In: <http://www.tropentag.de/2008/abstracts/abstracts.php>.
- Agunbiade, J.A., Adeyemi, O.A., Ashiru, O.M., Awojobi, H.A., Taiwo, A.A., Oke, D.B. and Adekunmis, A.A. (2007). Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diets. *The Journal of Poultry Science*. 44: 278-282.
- Aniebo, A.O. and Owen, O.J. (2010). Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) meal (HFLM). *Pakistan Journal of Nutrition*. 9: 485-487.
- Arango-Gutierrez, G.P., Vergara-Ruiz, R.A. and Mejia-Velez, H. (2004). Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of larval meal of *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*) at Angelopolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*. 57: 2491-2499.
- Bahadori Z., Esmaylzadeh L. and Torshizi, M.A.K. (2015). The effect of earthworm (*Eisenia fetida*) and vermicompost meal in diet on broilers chicken efficiency and carcass components. *Biological Forum – An International Journal*. 7: 998-1005.
- Bamgbose, A.M. (1999). Utilization of maggot-meal in cockerel diets. *Indian Journal of Animal Nutrition*. 69: 1056-1058.

همچون تدوین دستورالعمل صدور مجوز قانونی برای پرورش و مصرف حشرات، انتخاب گونه مناسب حشره، نوع بستر پرورش و تغذیه، میزان کیتین موجود در آنها و در نهایت بازاریابی مناسب و فرهنگ سازی در بین پرورش دهندگان و مصرف کنندگان گوشت طیور مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- آمارنامه کشاورزی، جلد اول. ۱۳۹۷. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.
- استادی، ی.، یآوری، غ.، شوکت فدایی، م.، احمدیان م. و ایمانی، س. (۱۳۹۶). شناسایی و اولویت بندی موانع تولید حشرات خوراکی به عنوان جیره غذایی از دیدگاه تولید کنندگان دام و طیور با استفاده از روش (AHP). فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره شناسی، شماره ۹، ص ص ۱-۱۶.
- رضائی، م. (۱۳۸۳). بررسی امکان پرورش جیرجیرک خانگی به منظور تولید مکمل پروتئینی با کیفیت بالا. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- عبادی، ز.، میرهادی س. ا. و یعقوبفر، ا. (۱۳۸۸). مقایسه انرژی قابل سوخت و ساز اسیدهای چرب پودر کرم خاکی (*Eisenia fetida*) با دو نوع پودر ماهی (داخلی و وارداتی). فصلنامه پژوهش های علوم دامی، شماره ۹، ص ص ۲۴-۲۹.
- علیزاده قمصری، ا. م. ۱۳۹۹. اثرات پودر لارو سوسک شب زی (میلورم) بر عملکرد و پاسخ های ایمنی جوجه های گوشتی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- مدرس اول، م. ۱۳۷۲. حشره شناسی (عمومی)، کاربردی و فونستیک). انتشارات بارناوا، تهران.
- هاشمی، س. م. ۱۳۹۹. مطالعه تولید پروتئین حشرات بر روی کود مرغ و زباله های آلی با استفاده از مگس خانگی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

- Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Capucchio, M.T., Biasibetti, E., Tarantola, M., Bianchi, C., Cavallarin, L., Gai, F., Pozzo, L., Dezzutto, D., Bergagna, S. and Schiavone, A. (2017). Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. *Animal Feed Science and Technology*. 234: 253-263.
- Bjorge, J.D., Overgaard, J., Malte, H., Gianotten, N. and Heckmann, L.H. 2018. Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*. 107: 89-96.
- Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y.A. and Nizza, A. (2015). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science*. 56: 569-575.
- Brah, N., Issa, S. and Houndonougbo, F.M. (2017). Effect of grasshopper meal on laying hens' performance and eggs quality characteristics. *Indian Journal of Animal Sciences*. 87: 1005-1010.
- Cicatiello, C., De Rosa, B., De Rosa, B., Franco, S., Franco, S. and Lacetera, N. (2016). Consumer approach to insects as food: barriers and potential for consumption in Italy. *British Food Journal*. 118: 2271-2286.
- Cohen, J.H., Sanchez, N.D.M. and Montiel-ishinoet, F.D. (2009). Chapulines and food choices in rural Oaxaca. *Gastronomica: the Journal of Food and Culture*. 9: 61-65.
- Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R. and Paoletti, M.G. (2005). House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (ed.), *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. pp. 519-544. New Hampshire, Science Publishers.
- Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., DeSmet, S. and Dalle Zotte, A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*. 10:1923-1930.
- Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M.T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., Meneguz, M., Placha, I., Gasco, L. and Schiavone, A. (2018). Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 9: 49.
- DeFoliart, G.R. (1992). A concise summary of the general nutritional value of insects. *Crop Protection*. 11: 395-399.
- DeFoliart, G.R., Finke, M.D. and Sunde, M.L. (1982). Potential value of the Mormon cricket (*Orthoptera: Tettigoniidae*) harvested as a high-protein feed for poultry. *Journal of Economic Entomology*. 75: 848-852.
- Dominguez, J., Aira, M. and Gomez-Brandon, M. (2010). Verming composting: earthworm enhances the work of microbes. In: Insam, H., Franke-Whittle, H., Goberna, M. (eds.) *Microbes at Work: from Wastes to Resources*. Berlin, Springer, pp. 93-114.
- EFSA Scientific Committee. (2015). Scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13: 4257.
- Egan, B. A. (2013). Culturally and economically significant edible insects in the Blouberg region, Limpopo Province, South Africa. Doctoral dissertation, Ph.D. thesis, University of Limpopo, Polokwane, South Africa.
- FAO. (2009). The state of food and agriculture: Livestock in the balance. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <http://www.fao.org/3/a-i0680e.pdf>. [Accessed on: 27/02/2020].

- FAO. (2011). World Livestock 2011: Livestock in food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
<http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf>.
[Accessed on: 03/02/2020].
- Feedipedia. <https://www.Feedipedia.org>
[Accessed on: 22/06/2020].
- Finke, M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*. 21: 269-285.
- Gibreil, S. and Idris, A.A. (1997). Utilization of locust meal in poultry diets. *Journal of Natural Resources and Environmental Study*. 1: 19-23.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. and Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>.
[Accessed on: 01/05/2020].
- Giannone, M., (2003). A natural supplement made of insect larvae. *Rivista di Avicoltura*. 72: 40-41.
- Hale, O.M. (1973). Dried *Hermetia illucens* larvae (*Stratiomyidae*) as a feed additive for poultry. *Georgia Entomological Society*. 8: 16-20.
- Hamerman, E.J. (2016). Cooking and disgust sensitivity influence preference for attending insectbased food events. *Appetite*. 96: 319-326.
- Heuze, V. and Tran, G. (2013). Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
<http://www.feedipedia.org/node/198>.
[Accessed on: 22/06/2020].
- Hornung, B. (1991). The importance of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L. 1758) as carriers of zearalenone when fed to insectivorous birds and other pet animals. In: Die Bedeutung der Larven des Mehlkafers (*Tenebrio molitor*, L. 1758) als Überträger von Zearalenon in der Fütterung von insektivoren Vögeln und anderen Heimtieren. pp. 81.
- Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W. and Park, B.S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*. 30: 609-614.
- IPIFF Task Force on Good Hygiene Practices. (2019). *Draft EU Guide on Good Hygiene Practices for producers of insects as food & feed*. 100 pp.
- Janssen, W.M.M.A. (1989). European table of energy values for poultry feedstuffs. 3rd ed. Beekbergen, Netherlands: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services.
- Jozefiak, D., Jozefiak, A., Kieronczyk, B., Rawski, M., Swiatkiewicz, S., Dlugosz, J. and Engberg, R.M. (2016). Insects-A Natural Nutrient Source for Poultry-A Review. *Annals of Animal Science*. 16: 297-313.
- Jozefiak, A., and Engberg, R.M. (2017). Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. *Journal of Animal and Feed Science*. 26: 87-99.
- Khan, S.H. (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*. 46: 1144-1157.
- Khan, M., Chand, N., Khan, S., Khan, R.U. and Sultan, A. (2018). Utilizing the house fly (*Musca Domestica*) larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 20: 9-14.
- Khusro, M., Andrew, N.R. and Nicholas, A. (2012). Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal*. 68: 435-446.

- Lahteenmaki-Uutela, A., Grmelova, N., Henault-Ethier, L., Deschamps, M., Vandenberg, G.W., Zhao, A., Zhang, Y., Yang, B. and Nemané, V. (2017). Insects as Food and Feed: Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. *Insects as Food and Feed*. 12: 22-36.
- Liu, C.M. and Lian, Z.M. (2003). Influence of *Acrida cinerea* replacing Peru fish meal on growth performance of broiler chickens. *Journal of Economic Animal*. 7: 48-51.
- Loh, T.C., Fong, L.Y., Foo, H.L., Thanh, N.T. and Sheikh-Omar, A.R. (2009). Utilisation of earthworm meal in partial replacement of soybean and fish meals in diets of broilers. *Journal of Applied Animal Research*. 36: 29-32.
- Lundy, M.E. and 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(4): e0118785.
- Makkar, H.P.S., Gilles, T., Heuze, V. and Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 1-33.
- Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Fruh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A. and Leiber, F. (2016). Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects for Food and Feed*. 2: 83-90.
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*. 15: 401-415.
- Mensah, G.A., Pomalegni, S.C.B., Koudjou, A.L., Cakpovi, J.C.G., Adjahoutonon, K.Y.K.B. and Agoundo, A. (2007). Flour of fly maggots, a source of protein well valued in the diet of the Muscovy ducks. In: *Proceeding of the 1st Conference of the UAC of science cultures and technologies*. Abomey-Calavi, Benin. Pp. 21-22.
- Moreki, J.C., Tiroesele, B. and Chiripasi, S.C. (2012). Prospects of utilizing insects as alternative sources of protein in poultry diets in Botswana. *Journal of Animal Science Advances*. 2: 649-658.
- Nakagaki, B.J., Sunde, M.L. and DeFoliart, G.R. (1987). Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. *Poultry Science*. 66: 1367-1371.
- Newton, G.L., Sheppard, D.C. and Burtle, G. (2008). Research Briefs: Black soldier fly prepupae- a compelling alternative to fish meal and fish oil. Available online: https://lpec.org/wp-content/uploads/2019/03/Black_soldier_flies.pdf. [Accessed on: 22/06/2020].
- Ojewola, G.S., Okoye, F.C. and Ukoha, O.A. (2005). Comparative utilization of three animal protein sources by broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*. 4: 462-467.
- Okah, U. and Onwujiariri, E.B. (2012). Performance of finisher broiler chickens fed maggot meal as a replacement for fish meal. *Journal of Agricultural Technology*. 8: 471-477.
- Oluokun, J.A. (2000). Upgrading the nutritive value of full-fat soybeans meal for broiler production with either fishmeal or black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*). *Nigerian Journal of Animal Science*. 3: 51-61.
- Pascucci, S. and Magistris, T.D. (2013). Information bias condemning radical food innovators? The case of insect-based products in the Netherlands. *International Food and Agribusiness Management Review*. 16: 1-16.
- Pretorius, Q. (2011). The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. M.Sc. Thesis. Department of Animal Science, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa. [Accessed 2016 Sep 17].
- Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzalez, E., Rocha Hernandez, A. and Pino, J.M. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*. 95: 214-220.

- Schiavone, A., De Marco, M., Rotolo, L., Belforti, M., Martinez-Miro, S., Madrid-Sanchez, J., Hernandez-Ruiperez, F., Bianchi, C., Sterpone, L., Malfatto, V., Katz, H., Zoccarato, I., Gai, F. and Gasco, L. (2014). Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens, In: Vantomme, P., Munke, C. and van Huis, A. (eds.) *1st International Conference "Insects to Feed the World"*, pp. 73, Wageningen, the Netherlands, Wageningen University.
- Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S. and Gasco, L. (2019). The potential role of insects as feed: a multi-perspective review. *Animals*. 9(4): 119.
- Son, J.H. (2006). Effects of feeding earthworm meal on the egg quality and performance of laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 33: 41-47.
- Ssepuuya, G., Namulawa, V., Mbabazi, D., Mugerwa, S., Fuuna, P., Nampijja, Z., Ekesi, S., Fiaboe, K.K.M. and Nakimbugwe, D. (2017). Use of insects for fish and poultry compound feed in sub-Saharan Africa - a systematic review. *Journal of Insects as Food and Feed*. 3: 289-302.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W. and Sealey, W. (2007). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38: 59-67.
- Sun, T., Long, R.J. and Liu, Z.Y. (2013). The effect of a diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *Brazilian Poultry Science*. 54: 130-137.
- Sun, T., Long, R.J., Liu, Z.Y., Ding, W.R. and Zhang, Y. (2012). Aspects of lipid oxidation of meat from free-range broilers consuming a diet containing grasshoppers on alpine steppe of the Tibetan Plateau. *Poultry Science*. 91: 224-231.
- Tiroesele, B., and Moreki, J.C. (2012). Termites and earthworms as potential alternative sources of protein for poultry. *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*. 6: 368-376.
- van Broekhoven, S. (2015). Quality and safety aspects of mealworms as human food. Doctoral dissertation, The Netherlands, Wageningen University.
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. (2013). Edible insects - future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper*. 171:1-201.
- van Lenteren, J.C. (2006). Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored? *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*. 17: 103-111.
- Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C.M.M., Ottevanger, E., Bosch, G. and van Boekel, M.A.J.S (2012). Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Report 638 - Wageningen Livestock Research.
- Wang, D., Zhai, S.W., Zhang, C.X., Zhang, Q. and Chena, H. (2007). Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 135: 66-74.
- Wang, D., Zhai, S.W., Zhang, C.X., Bai, Y.Y., An, S.H. and Xu, Y.N. (2005). Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 18: 667-670.

Yates-Doerr, E. (2015). The world in a box? Food security, edible insects, and “One World, One Health” collaboration. *Social Science and Medicine*. 129: 106-112.