دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا 4668-2008
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد 13، شماره4، سال 1400، (246-237)

تاثیر چهار رژیم غذایی بر محتویات بدن لارو مگس سرباز سیاه *Hermetia illucens* L. (Dip: Stratiomyidae)

عماد پورفتح الله[1]، انیس اسماعیلی[1]، مریم ذوالفقاری[1*]

1- پارک علم و فناوری، خراسان شمالی، بجنورد، ایران

چکیده

لارو مگس سرباز سیاه (BSF)، *Hermetia illucens* L. (Dip: Stratiomyidae)، می‌تواند به طور موثری پسماند ارگانیک را به مواد مغذی ارزشمند که مناسب تغذیه حیوانات است تبدیل کند، ترکیب لارو تا حد زیادی به پسماند مواد غذایی مورد استفاده آن بستگی دارد. رژیم غذایی پلی فاژ و کیفیت درشت مغذی‌های بدن لارو (عمدتاً لیپیدها و پروتئین)، آنها را کاندیدای مناسبی برای کاربردهای مختلف از قبیل مدیریت پسماند و مواد آلی، گنجاندن در خوراک دام به عنوان منبع پروتئینی می سازد. در مطالعه حاضر، لاروهای مگس سرباز سیاه بر روی بسترهای خوراکی متشکل از ترکیب تفاله خرما و میوه، ترکیب تفاله زیتون و میوه، ترکیب ضایعات نان و میوه و میوه به تنهایی، پرورش داده شده است که از منابع موجود و مقرون به صرفه پسماند و فرآورده‌های جانبی بخش کشاورزی در ایران می‌باشند. اثر هرکدام از بسترهای خوراکی بر ماده خشک، چربی خام، پروتئین خام، کربوهیدرات و خاکستر ترکیب بدن لارو مگس سرباز سیاه با تجزیه و تحلیل شیمیایی کمی شد. درصد بقای آن‌ها و نرخ تبدیل خوراک تا پایان این دوره نیز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ترکیب تفاله خرما و میوه و ترکیب تفاله زیتون و میوه جزو مناسب ترین جیره‌ها برای پرورش مگس سرباز سیاه هستند. این یافته‌ها اطلاعات مهمی برای حمایت از استفاده از لارو مگس سرباز سیاه به عنوان بازیافت‌کننده فرآورده‌های جانبی کشاورزی و منبع جدید بالقوه غنی از مواد مغذی و مواد تشکیل دهنده خوراک دام برای جایگزینی منابع پروتئینی عمدتا وارداتی مانند پودر ماهی و کنجاله سویا در اختیار قرار می‌دهد.

واژه های کلیدی: مگس سرباز سیاه، پسماند تر، پروتئین، تجزیه و تحلیل شیمیایی

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *M.zolfaghari_89@yahoo.com*

تاریخ دریافت مقاله:1400/10/5 - تاریخ پذیرش مقاله:1400/12/12

مقدمه

خوراک دام از مواد اصلی مانند ذرت، کنجاله دانه‌های گیاهی و روغنی، گندم، برنج، سویا، پودر ماهی و روغن ماهی تشکیل شده است؛ از این رو، خوراک دام با نیازهای غذایی انسان نیز رقابت می‌کند (Rana *et al*., 2009; van Huis *et al*., 2013). جمعیت انسانی در حال رشد و تقاضا برای غذا و اراضی تولید خوراک موجب فشار مداوم بر محیط زیست می شود (Foley *et al*., 2011). افزایش تقاضا برای پودر ماهی و کنجاله سویا، به عنوان منابع اصلی پروتئین در خوراک دام باعث کمبود این منابع و افزایش قیمت‌ها در بازار می‌شود. علاوه بر این، هزینه های خوراک حدود 70 درصد از کل هزینه‌های آبزی‌پروری و تولیدات دامی را تشکیل می دهد (van Huis *et al*., 2013; Ssepuuya *et al*., 2017). بنابراین، جستجو برای منابع جایگزین و پایدار پروتئین برای آبزی و دام پروری ضروری است. پتانسیل پروتئین مبتنی بر حشرات و سایر مواد مغذی مورد توجه دانشمندان و سازمان های عمومی قرار گرفته است (van Huis. 2013, 2015, 2016; van Huis *et al*., 2013, 2015; van Huis & Vantomme, 2014; Dicke. 2018) سازمان خوار و بار و کشاورزی (فائو) گونه‌هایی از حشرات برای خوراک را توصیه می کند که می‌توانند در مقیاس صنعتی به طور انبوه با حداقل 1000 کیلوگرم حشره در روز پرورش داده شوند (van Huis *et al*., 2013). در میان چندین گونه حشرات توصیه شده برای تغذیه حیوانات، مگس سرباز سیاه (BSF، *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) دارای بالاترین میزان پتانسیل برای تولید در مقیاس بزرگ است (van Huis *et al*., 2013; Rumpold *et al*., 2018). متخصصان مواد غذایی پذیرفته اند که انسان می‌تواند به طور فزاینده‌ای از حشرات به عنوان پروتئین جایگزین استفاده کند. مگس سرباز سیاه، قادر است به طور موثر طیف گسترده ای از مواد آلی، از زباله‌های غذایی گرفته تا کود، را به زیست توده حشرات تبدیل کند. آنها را می‌توان بدون امکانات خاصی پرورش داد و برای محیط زیست پیرامون خود مشکل زا نیستند. لاروهای آنها دارای 42 درصد پروتئین خام و 29 درصد چربی هستند، آفت-کش‌ها یا مایکوتوکسین‌ها را در بدنشان ذخیره نمی‌کنند، به راحتی رشد کرده و برای استفاده به عنوان خوراک دام، طیور و آبزیان توصیه می‌شوند. بزرگترین مزیت آنها نسبت به سایر حشرات توانایی آنها در تبدیل پسماند آلی به غذا، ایجاد ارزش و تکمیل حلقه‌های مواد مغذی است زیرا آنها آلودگی و هزینه‌ها را کاهش می‌دهند و یک استراتژی جدید برای استفاده مفید از زباله‌های زیستی را فراهم می‌کند. با این حال، تحقق این توصیه مستلزم مقدار قابل توجهی بستر خوراکی برای تغذیه حشرات است. علاوه بر این، ترکیب غذایی لارو مگس سرباز سیاه تحت تأثیر بستر مورد استفاده قرار می گیرد (Diener *et al*., 2009; Liland *et al*., 2017; Spranghers *et al*., 2017; Barragan-Fonseca *et al*., 2018; Wong *et al*., 2019) در دسترس بودن مقادیر کافی مواد اولیه برای تولید پیوسته حشرات از اهمیت بالایی برخوردار است. تفاله خرما یک محصول جانبی از تولید کارخانه های شیره سازی و لواشک می باشد که با درصد رطوبت پایین نگهداری می‌شود و بدون وجود هر گونه ناخالصی و افزودنی از قابلیت بالایی برخودار است. این محصول یک منبع پروتئین مناسب است که به عنوان خوراک دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محصول به دلیل خوش‌خوراکی در دام باعث افزایش وزن دام می‌شود. تفاله خرما از دسته ضایعاتی است که نسبت به سایر محصولات دامی از قیمت کمتری برخودار است. کنجاله زیتون پسماند غذایی است که برای تغذیه حیوانات در صنعت دامداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کنجاله از باقی‌مانده میوه‌های زیتون که در کارخانه‌های تولید روغن زیتون از آنها روغن‌گیری شده است به دست می‌آید. این کنجاله یک منبع پروتئین و چربی بوده و فیبر موجود در این کنجاله بسیار بالا می‌باشد و از همه مهم‌تر اینکه انرژی در این کنجاله فوق‌العاده بالا است در نتیجه می‌تواند به رشد لارو و بازدهی محصولات دامی کمک کند. همچنین برای انجام این پژوهش، پسماند میوه از میوه‌فروشی‌ها و پسماند نان هم از رستوران‌ها فراهم شد.

هدف از این مطالعه، ارزیابی محتوای غذایی لاروهای مگس سرباز سیاه پرورش یافته بر روی جیره‌های غذایی مختلف تشکیل شده از پسماندها و فرآورده‌های جانبی مقرون به صرفه در ایران است. جیره‌ها شامل ترکیب تفاله خرما و میوه، تفاله زیتون و میوه، نان و میوه، و میوه به تنهایی است. به منظور ارزیابی کیفیت تغذیه برای حشره، پروتئین خام، چربی، خاکستر و محتویات مواد معدنی لارو این حشره و درصد زندمانی آنها روی جیره های غذایی مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

2-1. رژیم غذایی مورد آزمون

نمونه لارو حشره سرباز سیاه از یک کلونی نگهداری شده در دفتر تحقیق و توسعه شرکت الگوریتم زیست حشرات مستقر در پارک علم و فناوری از سال 1398 تامین شد. چهار نوع پسماند که نان، میوه، پودر زیتون ، پودر خرما می‌باشد برای انجام فرآیند آزمون تهیه شد. نان این آزمون از دور ریز رستوران غذایی تهیه شده‌است. میوه مورد استفاده در این آزمون از پسماند میدان میوه و تره‌بار بجنورد تامین شده‌است. کنجاله زیتون مورد استفاده از کارگاه روغن کشی شهرستان انزلی تهیه شده‌است. پودر خرما از کارگاه تولید خوراک دام از شهرستان کرمان تهیه شده‌است. در مجموع، 4 رژیم غذایی در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. در رژیم غذایی 1، مخلوط نان و میوه (2 به 1) رژیم غذایی 2، مخلوط کنجاله زیتون و میوه (2 به 1)، رژیم غذایی 3، مخلوط کنجاله خرما و میوه (2 به 1) و در رژیم غذایی 4 میوه به تنهایی استفاده شد. در هر 4 آزمون، لاروهای تازه بیرون آمده قبل از شروع آزمون رژیم غذایی به مدت 5 روز روی مخلوط آرد سفید، سبوس برنج و آب پرورش داده شدند. بعد از 5 روز100 لارو روی هر جیره غذایی منتقل شدند که تمام آزمایش ها در سه تکرار در دمای 30 درجه سانتی گراد برای مدت 18 روز انجام شد. در مدت زمان آزمایش در زمان های مختلف از هر نمونه 20 لارو جدا شده وزن گیری شده و در انتهای آزمایش جهت مقایسه لاروها وزن شده و بعد جهت آزمایشات بیشتر در یخچال 80- ذخیره شد.

2-2. تعیین نرخ تبدیل خوراک به بیوماس حشره

شاخص درصد کارایی غذای خورده شده به بیوماس حشره(ECI) ، با اندازه‌گیری وزن غذای مصرفی و وزن خشک بدن لاروها در انتهای دوره لاروی بدست می‌آید، وزن خشک غذای مصرف شده با کم کردن وزن خشک غذای باقیمانده از وزن خشک کل غذایی که در اختیار حشره قرار گرفته، محاسبه می‌شود و وزن لاروها نیز در انتهای هر دوره یادداشت شد، تعدادی لارو دارای شرایط یکسان بیولوژیکی و فیزیولوژیکی با لاروهای مورد استفاده در ابتدای آزمایش وزن، سپس در دمای 60 درجه سانتی گراد آون خشک و دوباره جهت تعیین وزن خشک لاروهای مورد استفاده وزن شدند. برای تعیین شاخص تعیین نرخ تبدیل خوراک در لاروهای مگس سرباز سیاه از رابطه زیر (Waldbauer. 1968)، استفاده شد:

$$ECI= [\Delta B/I]*100$$

در این رابطه، I وزن خشک غذای مصرف شده، ΔB وزن خشک زیست توده لارو

2-3. درصد بقای لاروها

نرخ بقایای لارو ها (SR) به طریق زیر محاسبه میشود:

$$SR=(\frac{L_{v\,out}}{L_{v\,in}})*100$$

تعداد حدودی لاروها در پایان آزمایش است، $L_{v\,out}$ تعداد لاروها در ابتدای آزمایش و $L_{v\,in}$

میانگین وزن لارو برای رسم منحنی رشد با انتخاب تصادفی و وزن 10 لارو مگس سرباز سیاه در زمان های مختلف در دوران رشد لاروی تعیین شد.

2-4.تجزیه و تحلیل ترکیبی

همه نمونه ها قبل از تجزیه و تحلیل بیشتر، به مدت 72 ساعت در حالت انجماد خشک و آسیاب شدند.

2-4-1.آزمون پروتئین:

برای محتوای پروتئین خام، محتوای نیتروژن با روش کجلدال، تعیین و مقدارآن، برای به دست آوردن ارزش پروتئین خام با ضریب در ضریب تبدیل 6/25 چند برابر شد. طبق این روش یک گرم نمونه همگن شده را داخل لوله مخصوص اندازه گیری پروتئین ریخته و ۴گرم کاتالیزور (سولفات مس + سولفات پتاسیم) و ۲۵سی سی اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. لوله تا زمان ایجاد یک مایع سبز شفاف یا بیرنگ در دستگاه هضم قرار داده شد. بعد از پایان هضم و سرد شدن لوله ها مرحله تقطیر و تیتراسیون را با دستگاه کلدال انجام شد. مقدار ۱۵۰سی سی آب مقطر و ۸۰ سی سی سود ۴۰ درصد به بالن اضافه شده و نیتروژن موجود در نمونه بر اثر حرارت و سود ، آزاد شده و پس از تقطیر در بشر حاوی ۶۰ سی سی اسید بوریک ۴ درصد و معرف پروتئین جمع آوری و در نهایت با اسید سولفوریک 0/2 نرمال تیتر شد.

2-4-2.آزمون فیبر:

یک گرم نمونه همگن شده در کیسه مخصوص اندازه گیری فیبر قرار گرفت، در ابتدا نیم ساعت در اسید سولفوریک 1/25٪ جوشانده و سپس چند بار با آب مقطر شستشو داده شد تا اثر اسید از بین برود سپس نمونه در سود 1/25٪ به مدت نیم ساعت جوشانده شد. و سه بار با آب مقطر، یکبار با ان هگزان و یکبار باالکل ۹۶ درصد شستشو داده شد. به مدت ۸ساعت در آون قرار گرفت و بعد وزن آن اندازه گیری شد و به مدت ۳-۴ ساعت در کوره قرار گرفت و بعد از سرد شدن مجددا وزن میکنیم و از اختلاف وزن قبل و بعد از کوره گذاری درصد فیبر را محاسبه گردید.

2-4-3.آزمون چربی:

یک گرم نمونه داخل یک کاغذ صافی پیچیده و به مدت ۸ ساعت در آون قرار داده شد تا رطوبت آن خارج شود. پس از سرد شدن وزن شد و به دستگاه سوکسله منتقل و با ان هگزان به مدت ۵-۶ ساعت چربی گیری و سپس به آون منتقل گردیدو پس از ۸ساعت وزن شد و از اختلاف وزن قبل و بعد از سوکسله گذاری درصد چربی را محاسبه کردیم.

2-4-4.آزمون خاکستر:

یک کروزه به مدت ۲ساعت در آون قرار داده شد تا رطوبت آن کاملا گرفته شود و پس از سرد شدن وزن آن یادداشت شد، یک گرم نمونه یکنواخت شده درون کروزه وزن شد و سوزانده شد و به مدت ۵ساعت در کوره قرار گرفت، محتویات داخل کروزه به رنگ سفید یا خاکستری درآمده و از اختلاف وزن قبل و بعد از سوزاندن درصد خاکستر محاسبه شد.

2-4-5.آزمون رطوبت:

پلیت شیشه ای را حداقل ۲ساعت در آون با دمای ۱۰۳-۱۰۵ درجه قرار داده و مقداری از نمونه یکنواخت شده را درون پلیت وزن کرده و در آون قرار دادیم تا رطوبت آن گرفته شود. پس از سرد شدن نمونه،آنرا وزن کرده و از اختلاف وزن قبل و بعد درصد رطوبت آن محاسبه شد.

2-5. تحلیل های آماری

رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل انجام شد. داده‌های مربوط به فعالیت به ترکیبات بدن لاروها و وزن لاروی و نرخ تبدیل خوراک بر پایه طرح کامل تصادفی و با استفاده از آزمون توکی و در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

رشد لارو و نرخ تبدیل خوراک

در آزمایش جیره غذایی بیشترین وزن لارو (270 میلی گرم) روی جیره غذایی خرما و میوه و کمترین وزن لارو روی جیره غذایی میوه (150میلی گرم) ثبت شد، لاروهای پرورش یافته روی جیره غذایی میوه به تنهایی دارای بیشترین طول دوره لاروی (18روز) هستند این در حالیست که لاروهای پرورش یافته روی جیره مخلوط خرما و میوه کمترین دوره رشدی لارو (13 روز) را دارا هستند. درصد زنده مانی روی تمام جیره ها بالای 95٪ ثبت شد. بالاترین نسبت تبدیل زیست توده بر اساس وزن غذای خشک، برای جیره نان و میوه با نرخ تبدیل17 درصد و کمترین نسبت تبدیل برای جیره میوه با نرخ تبدیل 12درصد در این تحقیق برای مگس سرباز سیاه ثبت شد (جدول 1، شکل 1). تفاوت هایی نیز در رنگ لارو مشاهده شد، لارو تغذیه شده با جیره مخلوط نان ومیوه و جیره میوه به تنهایی رنگ روشن تری داشتند، در حالی که لاروهایی که با مخلوط خرما و میوه و زیتون و خرما تغذیه می شدند تیره تر بودند.

جدول1: میانگین (± SD; n = 3) نرخ زنده‌مانی، وزن نهایی لاروی، طول دوره لاروی و نرخ تبدیل خوراک لاروهای مگس سرباز سیاه

Table 1. Mean (± SD; n = 3) Survival rate, Final larval weight, Larval period lenght and bio-conversion ratio of black soldier fly larvae.

جیره غذایی	وزن لاروی(میلی گرم)	طول دوره لاروی (روز)	درصد زنده مانی	نرخ تبدیل غذا بر اساس وزن خشک
خرما+میوه	270±5a	13	٪98a	٪17±0/5 a
زیتون+میوه	230±4ab	17	٪95a	٪16±1 a
نان+میوه	240±5a	15	٪98a	٪12±0/7 ab
میوه	150±6b	18	٪95a	٪10±0/5 b

حروف غیرمشابه، نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی و در سطح احتمال پنج درصد است.

Means within a row followed by different letter are significantly different (Tukey's test, P < 0.05).

اثرات اصلی رژیم غذایی بر محتوای چربی(18- 35بر اساس وزن خشک) و پروتیین(35-41بر اساس وزن خشک) مشاهده شد. لاروهای تغذیه شده از جیره مخلوط خرما و میوه و مخلوط زیتون و میوه بیشترین درصد پروتئین و لاروهای تغذیه شده از مخلوط نان و میوه درصد مساوی از چربی و پروتیین و لاروهای پرورش یافته روی میوه کمترین درصد چربی و بیشترین مقدار فیبر را دارا بودند (جدول2)

جدول 2. میانگین(± SD; n = 3) ترکیبات اندازه گیری شده در بدن لارو مگس سرباز سیاه پرورش یافته روی جیره‌های غذایی.

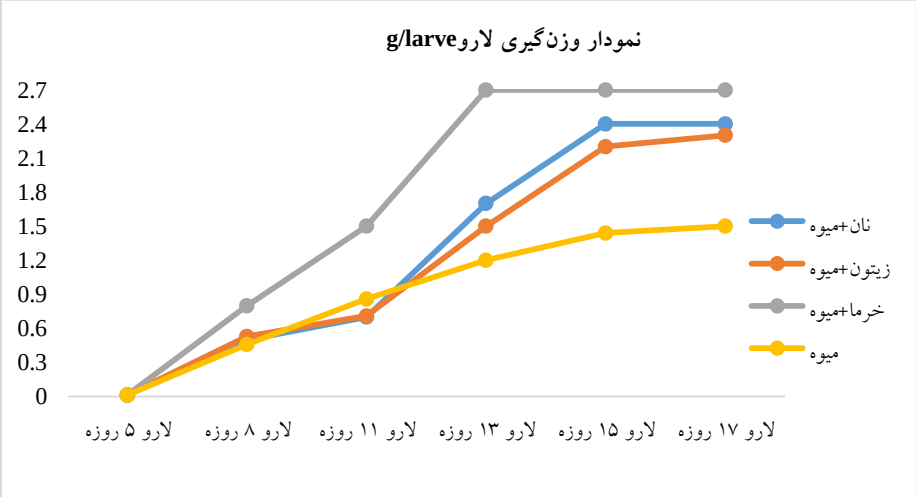
Table 2. Mean (± SD; n = 3) proximate composition of black soldier fly larvae reared on substrates

			تیمار با جیره های غذایی			
	واحد اندازه گیری	**لارو 5 روزه**	**میوه**	**نان+ میوه**	**زیتون +میوه**	**خرما+میوه**
ماده خشک	درصد وزنی	26	37/88± 0/8a	42/03±1/3a	37/19±0/9a	38/2± 0/9a
پروتئین خام	درصد وزنی	11/9	14/28± 0/7 a	14/86± 0/5 a	± 0/ 6 a 15/11	15/08± 0/5 a
ماده خشک پروتئین	درصد در ماده خشک	45	38	35	41	40
چربی	درصد	6/2	6/98± 0/4 a	14/63± 0/6 b	8/22± 0/6a	8/4± 0/4a
ماده خشک چربی	درصد در ماده خشک	23	18	35	22	22
کربوهیدرات بدون فیبر	درصد وزنی	6/11	0/9± 0/ 03	0/6± 0/ 01	0/7± 0/ 02	0/6± 0/ 02

خاکسترکل	درصد وزنی	1/98	3/5± 0/1a	2/7± 0/08b	4/05± 0/ 1a	3/47± 0/2a
ماده خشک خاکستر	درصد در ماده خشک	7/6	9/2	6/4	10/9	9/1
فیبر خام	درصد وزنی	5/81	12/32± 0/ 5a	9/24± 0/ 4b	9/13± 0/ 6b	10/06± 0/ 4b
رطوبت	درصد وزنی	73/8	62/12± 3a	57/97± 4a	62/81± 3a	61/8± 3a
انرژی کل	کیلوکالری	152/16	172/42± 7b	230/47± 5a	173/66± 5b	180/92± 6b

حروف غیرمشابه، نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار با آزمون توکی و در سطح احتمال پنج درصد است.

Means within a row followed by different letter are significantly different (Tukey's test, $P < 0.05$).



شکل 1. نمودار روزانه تغییرات وزن لاروی روی جیره‌های غذایی در طول آزمایش.

Figure 1. Daily mean larval weight (g) chart of larval for each of the substrates over the course of the experiment.

بحث

ما درصد زنده مانی و رشد لارو مگس سرباز سیاه را روی چهار پسماند غذایی ارزیابی شد. هدف از این مطالعه بررسی تخمین رشد لاروها روی هر یک از جیره های انتخاب شده، به منظور ارزیابی پتانسیل این پسماندهای زیستی جهت پرورش مگس سرباز سیاه بود. نتایج تحقیقات قبلی نشان داده که لاروهای مگس سرباز سیاه در طیف گسترده ای از بسترها از جمله ضایعات غذایی و کشاورزی رشد می کنند. این موید آن است که لارو مگس سرباز سیاه قادر است پسماندهای جانبی کم ارزش را به زیست توده با ارزش تبدیل کند (Oonincx *et al.*, 2010; Raksasat *et al.*, 2020). پارامترهای متعددی بر بقا و رشد لارو مگس سرباز سیاه تأثیر می گذارد و مقایسه آزمایشات و مطالعات مختلف را دشوار می کند. شرایط پرورش (نور، دما، رطوبت، تراکم لارو، زمان برداشت،...) ترکیبات بستر (که بین آزمایشگاه‌ها یا بین دسته‌های داخل یکسان متفاوت است آزمایشگاهی)، و خواص فیزیکی و شیمیایی بسترها و یا استرین مگس سرباز سیاه مورد استفاده در آزمایشات مختلف ممکن است متفاوت باشد(Broeckx *et al.*, 2021). همانطور که انتظار می رفت، نرخ بقای نسبتاً بالایی برای لاروهای پرورش یافته (< 95٪) برای جیره های مختلف به دست آمد. در این تحقیق با انجام تجزیه و تحلیل شیمیایی به تعیین ترکیب غذایی لارو پرورش یافته در هر یک از پسماندهای زیستی پرداختیم. یافته‌های ما نشان داد که لاروهای مگس سرباز سیاه در تمام پسماندهای زیستی آزمایش شده به آسانی تغذیه می‌شوند و رشد می‌کنند (Chia *et al.*, 2018) و آنها را به زیست توده غنی از مواد مغذی تبدیل کرد. با این حال، برخلاف فرضیه مطرح شده در ابتدا، نه تنها محتوای پروتئین بدن بلکه

محتوای چربی لارو تحت تأثیر نوع رژیم غذایی قرار گرفت. نتایج با گزارش‌های قبلی که عنوان شده بستر پرورش بر روی ترکیب محتوایی بدن لارو مگس سرباز سیاه موثر است همسویی دارد (Spranghers *et al*., 2017; Wang & Shelomi, 2017; Barrag an-Fonseca *et al*., 2018) . در بین جیره های مختلف، تفاوت معنی داری در محتوای مواد غذایی لاروها در میان تیمارها مشاهده شد. علاوه بر این، زمان رشد لاروهای مگس سرباز سیاه پرورش یافته بر روی این بسترها بین رژیم های غذایی مختلف تفاوت داشتند(Chia *et al*., 2018). محتوای پروتیین غذا رشد نهایی لاروها را تعیین می‌کند و طبق نتایجی که توسط(Liland *et al*., 2017) منتشر شده است حداقل پروتئین لازم برای رشد لاروی 7 درصد در رژیم غذایی لارو می‌باشد. محتوای پروتئین خام لارو در این پژوهش بین 35تا 41 درصد متغیر بود که این مقادیر در محدوده مقادیر پروتئین خام گزارش شده برای لارو این مگس در گزارشات (Liland *et al*., 2017; Spranghers *et al*., 2017; Meneguz; Ewald *et al*., 2018 2020) است و همچنین میزان چربی گزارش شده دراین تحقیق بین 18 تا 35 درصد است که با مقدار چربی گزارش شده توسط (Liland *et al*., 2017) مطابقت دارد. لاروهای پرورش یافته روی جیره نان و میوه بیشترین میزان وزن لاروی را به خود اختصاص دادند که در بررسی ترکیب محتویات بدن لارو درصد بالا و مساوی از چربی و پروتئین مشاهده شد، وزن بالای لارو در جیره نان و میوه را می توان با مقدار انرژی کل بالا 5± 230/47 کیلو کالری در 100 گرم ماده خشک بدن لارو توضیح داد که این مقدار انرژی به دلیل محتوای چربی بسیار بالای 35٪، محتوای پروتئین 35٪ ومحتوای کربوهیدرات بدون فیبر آن می باشد. چربی در مگس سرباز سیاه منبع خوبی از انرژی در حیوانات اهلی است (Liland *et al*., 2017). لاروهای پرورش یافته روی رژیم غذایی مخلوط کنجاله خرما و میوه و مخلوط کنجاله زیتون و میوه درصد پروتئین بالا و چربی پایین و همچنین مقدار فیبر نسبتا پایینی را به خود اختصاص دادند و درصد بالای زنده مانی و وزن بالای لاروی و دوره رشدی کوتاه در مقایسه با جیره میوه داشتند که دلیل دوره شدی کوتاهتر و وزن بیشتر لارو در مقایسه با جیره میوه به دلیل مقدار پروتئین بالاتر و فیبر پایین تر آن می باشد(Broeckx *et al*., 2021). محتوای کم چربی قبلا در لاروهای مگس سرباز سیاه با محتوای بالای پروتئین خام گزارش شده است (Finke, 2013; Musundire *et al*., 2016; Meneguz *et al*., 2018). در جیره پسماند میوه مقدار چربی نسبت به پروتئین پایین تر است که این بر خلاف تحقیق (Mutafela *et al*., 2015) روی پسماند میوه است. وزن لارو های پرورش یافته روی جیره میوه بدلیل وجود فیبر زیاد در میوه و اختلال در گوارش در طول دوره رشد لاروی نسبت به جیره های دیگر پایین تر است. مطالعات متعددی منتشر شده است که نشان دهنده آن است لارو های مگس سرباز سیاه پرورش یافته روی جیره میوه دارای وزن کمتر می باشد (Meneguz *et al*., 2018; Barbi *et al*., 2020; Jucker *et al*., 2017) ، مطالعات قبلی همچنین نشان می دهد که وزن نهایی لارو و نرخ تبدیل خوراک با مقدار پروتئین دربسترهای پرورش ارتباط مستقیم دارد (Lim *et al*., 2019; Oonincx *et al*., 2015).

این نتایج نشان می دهد که جیره های غذایی مخلوط خرما و میوه و مخلوط زیتون و میوه با توجه به محتوای پروتئین بالاتر و چربی پایین و همچنین درصد تبدیل خوراک بیشتر نسبت به سایر جیره ها برای پرورش لارو مگس سرباز سیاه جزو مناسب ترین جیره ها هستند.

Referance

Barbi, S., Macavei, L. I., Fuso, A., Luparelli, A.V., Caligiani, A., Ferrari, A. M., Maistrello, L. and Montorsi, M. 2020. Valorization of seasonal agri-food leftovers through insects. science of the total environment. 709: 136-209.

Barragan-Fonseca, K. B., Pineda-Mejia, J., Dicke, M. and van Loon, J. J. A. 2018. Performance of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) on vegetable residue-based diets formulated based on protein and carbohydrate contents. Journal of Economic Entomology. 111: 2676–2683.

Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M. and Loon, J. J. A.V. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. journal of insects as food and feed. 3: 105–120.

Dicke, M. 2018. Insects as feed and the Sustainable Development Goals. Journal of Insects as Food and Feed 4: 147–156.

Diener, S., Zurbrugg, C. and Tockner, K. 2009. Conversion of organic material by Black Soldier Fly larvae: establishing optimal feeding rates.Waste Management and Research. 27: 603–610.

Finke, M. D. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. Zoo Biology. 32: 27–36.

Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S. and Gerber, J. S. 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature. 478: 337–342.

Jucker, C., Erba, D., Leonardi, M.G., Lupi, D. and Savoldelli, S. 2017. Assessment of Vegetable and Fruit Substrates as Potential Rearing Media for Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. environmental entomology. 46: 1415–1423.

Broeckx, L., Frooninckx, L., Slegers, L., S. Berrens, S., Noyens. I., Goossens, S., Verheyen, G., Wuyts, A. and Van Miert, S. 2021. Growth of Black Soldier Fly Larvae Reared on Organic Side-Streams. Sustainability. 13:1-20.

Liland, N. S., Biancarosa, I., Araujo, P., Biemans, D. and Bruckner, C. G. 2017. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PLoS one. 12: 183-188.

Liland, N. S., Biancarosa, I., Araujo, P., Biemans, D., Bruckner, C. G., Waagbø, R., Torstensen, B. E. and Lock, E. J. 2017. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PloS one. 12: 183-188.

Lim, J. W., Mohd-Noor, S. N.,Wong, C.Y., Lam, M. K., Goh, P. S., Beniers, J. J. A., Oh, W. D., Jumbri, K. and Ghani, N. A. 2019. Palatability of black soldier fly larvae in valorizing mixed waste coconut endosperm and soybean curd residue into larval lipid and protein sources. Journal of environmental management. 231: 129–136.

Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M. and Gasco, L., 2018. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. Journal of science food and agriculture. 98: 5776–5784.

Musundire, R., Osuga, I. M., Cheseto, X., Irungu, J. and Torto, B. 2016. Aflatoxin contamination detected in nutrient and anti-oxidant rich edible stink bug stored in recycled grain containers. PloS one. 11: 145-914.

Mutafela, R. N. 2015. High Value Organic Waste Treatment via Black Soldier Fly Bioconversion: Onsite Pilot Study. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden,.

Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S. and Lalander, C. 2020. Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)–Possibilities and limitations for modification through diet. Waste Management. 102: 40–47

Oonincx, D., 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.

Oonincx, D. G. A. B.; van Huis, A. and van Loon, J. J. A. 2015. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. journal of insects as food and feed. 1: 131–139.

Oonincx, D.G.A.B.; Van Itterbeeck, J.; Heetkamp, M.J.W.; Van Den Brand, H.; Van Loon, J. J. A. and Van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. Plos one. 5(12): e14445.

Raksasat, R., Lim, J. W., Kiatkittipong, W., Kiatkittipong, K., Ho, Y. C., Lam, M. K., Font-Palma, C., Mohd Zaid, H. F. and Cheng, C. K. 2020. A review of organic waste enrichment for inducing

palatability of black soldier fly larvae: Wastes to valuable resources. Environmental Pollution. 267: 115488.

Rana, K. J., Siriwardena, S. and Hasan, M. R. 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. FAO Fisheries and Aquaculture. Technical Paper. 1-55.

Rumpold, B. A., Speckmann, H., Schluter, O., Kloas, W. and Prochnow, A. 2018. Potentials of a biogenic residue-based production of *Hermetia illucens* as fish meal replacement in aquafeed for Oncorhynchus mykiss in Germany. Journal of Insects as Food and Feed. 4: 5–18.

Chia, S., Tanga, C., Osuga, I., Cheseto, X., Ekesi, S., Dicke, M. and van Loon, J. J. A. 2020. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. The Netherlands Entomological Society Entomologia Experimentalis et Applicata. 168: 472–481.

Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. and De Smet, S. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. Journal of science food and agriculture. 97: 2594–2600.

Ssepuuya, G., Namulawa, V., Mbabazi, D.,Mugerwa, S., Fuuna P et al. 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.

van Huis, A . and Vantomme, P. 2014. Conference report: insects to feed the world. Food Chain. 4: 184–192.

van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. Annual Review of Entomology. 58: 563–583.

van Huis, A. 2015. Edible insects contributing to food security? Agriculture and Food Security. 4: 1–9.

van Huis, A. 2016. Edible insects are the future? Proceedings of the Nutrition Society, 75: 294–305.

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A. 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. FAO Forestry Paper No. 171, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Waldbauer, G. P. 1968. The consumption and utilization of food by insects. - Adv. Insect Physiology. 5: 229-288.

Wang, Y. S. and Shelomi, M. 2017. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. Foods, 6: 91.

Wong, C. Y., Rosli, S. S., Uemura, Y., Ho, Y.C, Leejeerajumnean A., Kiatkittipong, W., Cheng, C-K., Lam, M-K. and Lim, J-W. 2019. Potential protein and biodiesel sources from black soldier fly larvae: insights of larval harvesting instar and fermented feedingmedium. Energies, 12: 1570.

Journal of Entomological Research

Volume 13, Issue 4, pages: 237-246

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Nutritional composition، effect of four organic Side-Streams on black soldier fly larvae feeding

E. Pourfathollah[1], A. Esmaili[1], M. Zolfaghari[1*]

1- Science and Technology Park, Khorasan-e- Shomali, Bojnourd, Iran.

Abstract

Black soldier fly (BSF) larvae, *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae), can effectively convert the organic wastes into a nutrient-rich biomass and appropriate for animal feed, the composition of larve largely dependent on the composition and structure of the side stream which are used. The polyphage diet and the quality of the larvae's macronutrients (mainly lipids and proteins) make them suitable candidates for different applications such as organic side-streams management and using as protein sources in animal feed. In the present study, BSF larvae were reared on feed substrates composed of Mix of fruit and date pulp, Mix of fruit and olive pulp, mix of waste fruit and bread and waste fruit which is a readily available and cheap source of agriculture**,**s by product in Iran. The dry matter, crude fat, crude protein and ash of the BSF larvae fed each feed waste organic were quantified by chemical analyses. Larval weight, survival and feed conversion were also recorded. The results showed that the mixed of date and fruit pulp and the mixed of olive and fruit pulp are suitable diets for BSF rearing. Our findings may provide important supporting information to support the use of BSF larval meal as potential new source of nutrient- rich and supportable animal feed ingredients to substitute expensive and limited protein sources such as fishmeal and soya beanmeal.

Key words: *Hermetia illucens,* organic side- stream, protein, chemical analyses

* Corresponding Author, E-mail*: m.zolfaghari_89@yahoo.com*
Received: 26 Dec. 2021 – Accepted: 3 Mar. 2022