

## تاثیر چند نوع ویتامین در جیره غذایی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* بر شاخص‌های تغذیه‌ای و ایمنی در مقابل بیماری‌گرها

معصومه مصطفی زاده گل‌عزانی<sup>۱</sup>، شهرام میرفخرایی<sup>۱</sup>، شهرام آرامیده<sup>۱</sup>، عباس حسین زاده<sup>۲</sup>، علیرضا خلیل آریا<sup>۳</sup>

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. گروه گیاه‌پزشکی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران. بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ارومیه، ارومیه، ایران. [sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir](mailto:sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

### چکیده

شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* به طور گسترده در پرورش انگل‌واره‌ها و شکارگرهای حشرات مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین شاخص‌های تغذیه‌ای، ایمنی و قدرت دفاعی آن در مقابل بیماری‌گرها حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش تاثیر جیره غذایی استاندارد شامل مخلوط آرد گندم (۶۸٪)، سبوس گندم (۲۹٪) و مخمر (۲٪) در ترکیب با چهار نوع ویتامین‌های A، C، E و D3 (۱٪) روی شاخص تغذیه‌ای و ایمنی در مقابل بیماری‌گرها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق اندازه‌گیری شاخص تغذیه‌ای روی لاروهای سن سوم و شمارش تعداد کل سلول‌های خونی روی لاروهای سن دوم، سوم و چهارم تغذیه کرده از محیط غذایی مختلف انجام شد. همچنین حساسیت لاروهای سن سوم تغذیه کرده از محیط‌های غذایی مختلف تیمار شده با غلظت‌های مختلف قارچ *Beauveria bassiana*، باکتری *Bacillus thuringiensis* و ویروس چند وجهی هسته-ای NPV با استفاده از شاخص‌های LC<sub>50</sub> و LT<sub>50</sub> به دست آمد. در ارزیابی شاخص‌های تغذیه‌ای روی لاروهای سن سوم بیش‌ترین شاخص نرخ نسبی رشد در لاروهای تغذیه شده با رژیم غذایی غنی شده به وسیله ویتامین‌های C و D3، و در رابطه با نرخ نسبی مصرف، کارایی تبدیل غذای خورده شده و کارایی تبدیل غذای هضم شده در لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C مشاهده گردید. در تاثیر تیمارها روی تعداد کل سلول‌های خونی در سن دوم و چهارم لاروی بیش‌ترین سلول خونی در محیط غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C و D3 و در لارو سن سوم در محیط غذایی استاندارد به علاوه ویتامین D3، C و E مشاهده شد. همچنین شاخص LC<sub>50</sub> و LT<sub>50</sub> حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *B. bassiana*، باکتری *B. thuringiensis* و ویروس NPV روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد نشان داد که کم‌ترین تاثیر در لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C و در مرتبه بعدی با ویتامین D3 می‌باشد. بنابراین در تکثیر و پرورش این میزبان در تولید عوامل بیولوژیک استفاده از ویتامین‌های C و D3 قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: ویتامین، شاخص‌های تغذیه‌ای، ایمنی، شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، بیماری‌گر

### The effect of several types of vitamins in the diet of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* on nutritional indicators and immunity to pathogens

Masoume Mostafazadeh Golezani<sup>1</sup>, Shahram Mirfakhraei<sup>1</sup>, Shahram Aramideh<sup>1</sup>, Abbas Hosseinzadeh<sup>2</sup>, Alireza Khalil Aria<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Urmia, Iran. <sup>2</sup>Department of Plant Protection, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran. <sup>3</sup>Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Urmia, Iran. [sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir](mailto:sh.mirfakhraie@urmia.ac.ir)

Received: 27 Desember 2022

Revised: 1 February 2023

Accepted: 12 February 2023

### Abstract

The Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* is widely used in rearing parasitoids and predators. Therefore, its nutritional and immunity indicators and its defense potential against pathogens are important. Therefore, in this research, the effect of a standard diet including a mixture of wheat flour (68%), wheat bran (29%) and yeast (2%) as well as the combination with four types of vitamins A, C, E and D3 (1%) on the nutritional and safety index for pathogens were evaluated. In this research, by measuring the blood cells of second, third and fourth instar larvae fed with different diet, the sensitivity of third instar larvae to different concentrations of *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana* and Nucleopolyhedrovirus (NPV) was obtained by LC<sub>50</sub> and LT<sub>50</sub> values. In the evaluation of nutritional index on third instar larvae of Mediterranean flour moth, the highest relative growth rate, relative consumption rate, efficiency of conversion of eaten food and efficiency of conversion of digested food were observed in larvae fed in standard diet with vitamin C. Also, the LC<sub>50</sub> and LT<sub>50</sub> values resulting from the effect of different concentrations of *B. bassiana*, *B. thuringiensis* and NPV virus on the third instar larvae of the Mediterranean flour moth showed that the least effect was on the larvae fed on the standard food diet including vitamin C followed by vitamin D3. Therefore, in the reproduction and rearing of this host in the production of biological agents, it is recommended to use food supplements containing vitamin C and D3.

**Keywords:** *Ephestia kuehniella*, Immunity, Pathogens, Nutrition indicators, Vitamin

### How to cite:

Mostafazadeh Golezani M, Mirfakhraei S, Aramideh S, Hosseinzadeh A, Khalil Aria A, 2023. The effect of several types of vitamins in the diet of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* on nutritional indicators and immunity to pathogens. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (3): 323-333.

## مقدمه

آفات، بیمارگرهای گیاهی و علفهای هرز بیش از ۴۰ درصد از کل محصول قابل برداشت را در سراسر جهان از بین می‌برند (Pimentel 2009). مبارزه شیمیایی به عنوان روش رایج در مبارزه با آفات دارای اثرات سوء روی سلامت انسان، نابودی دشمنان طبیعی، آلودگی محیط زیست و بروز مقاومت در آفات می‌باشد (Sharma et al. 2019). شواهد و تحقیقات بسیاری، اثرات بیماری‌زایی آفت‌کش‌ها شیمیایی را نشان داده‌اند، که مسمومیت‌های انسانی ناشی از مصرف آفت‌کش‌ها، مهم‌ترین خسارت آن‌ها می‌باشند (Alavanja & Bonner 2012). در مدیریت تلفیقی آفات، روش کنترل بیولوژیک به دلیل سازگاری با سایر روش‌های مدیریت تلفیقی آفات، نسبت به روش شیمیایی برتری دارد (Bale et al. 2008). کنترل بیولوژیک به عنوان راهکاری قابل قبول و جایگزین مناسب به جای کنترل شیمیایی در دنیا مطرح است و شامل استفاده از انگل‌واره‌ها، شکارگرها و بیمارگرها می‌باشد. استفاده از دشمنان طبیعی به ویژه انگل‌واره‌ها نتایج امیدبخشی را در کاهش خسارت آفات نشان داده است (Figueiredo et al. 2015; Heimpel & Mills 2017; Sampaio 2018). یکی از میزبان‌های مهم برای پرورش انگل‌واره‌ها شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephesia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) می‌باشد که جهت تکثیر زنبورهای پارازیتوئید نظیر *Habrobrocon hebetor* Say و *Trichogramma brassicae* Bezdenko استفاده می‌شود (Ou et al. 2021a; Bayat & Ashour 2022). در پرورش این انگل‌واره‌ها شایستگی و کیفیت شب‌پره مدیترانه‌ای آرد به عنوان میزبان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین بهبود کیفیت غذای این شب‌پره می‌تواند در شاخص‌های پویایی جمعیت آن و انگل‌واره‌های پرورشی تاثیر مستقیم بگذارد (Hamasaki & Matsui 2006; Ou et al. 2021b). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کیفیت میزبان بر اندازه حشرات کامل و عملکرد تولید مثل آن‌ها و همچنین نسبت جنسی، درصد انگلی و رفتار جستجوگری و دوره رشد و نمو مراحل نابالغ انگل‌واره‌ها تاثیر می‌گذارد (Harvey et al. 2005; Kishani Farahani et al. 2016; Kazumu et al. 2019). غذاهای مطلوب و غنی از کربوهیدرات و پروتئین، شاخص‌های رشد، ایمنی، میزان زنده‌مانی و تولیدمثل حشرات را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Adamo et al. 2016; Sohrabi et al. 2022). چنانچه غذای مورد استفاده حشره از کیفیت لازم برخوردار نباشد، انرژی حاصل از سوخت و ساز ناکافی بوده و منجر به اختلال در دوره رشدی، وزن بدن و به

دنبال آن حجم همولنف شده و کارایی سامانه ایمنی میزبان را در مقابل آلودگی باکتریایی، ویروسی و قارچی تحت تاثیر قرار می‌دهد (Ghasemi et al. 2018). در کنار درشت مولکولهای غذایی، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها نیز برای رشد و سوخت‌وساز حشرات ضروری هستند (Chapmann 1998). ویتامین‌های محلول در چربی شامل رتینول، کاروتنوئیدها (A)، توکوفرول‌ها (E)، کلسیفرول (D) و فیلوکینون (K) نقش‌های مهمی در رشد و نمو حشرات دارند. ویتامین‌های A و E در حشرات در سنتز رنگدانه‌ها و تولید مثل نقش دارند (Morales-Ramos et al. 2014). ویتامین‌های A، C، E نیز دارای خواص آنتی‌اکسیدان بوده و نقش مهمی در فرآیندهای سم‌زدایی و محافظت در برابر عفونت میکروبی ایفا می‌کنند (Chapman 1998). موفقیت مهار زیستی به میزان بالایی به پرورش موفق و با کیفیت میزبان‌های آزمایشگاهی انگل‌واره‌ها و شکارگرها وابسته می‌باشد. با توجه به اینکه برای پرورش زنبورهای خانواده Braconidae، سن‌های *Miridae* و *Anthocoridae* و بیمارگرها از لاروهای شب‌پره مدیترانه‌ای آرد، به عنوان میزبان آزمایشگاهی استفاده می‌شود، پیش‌بینی راهبردهایی برای بالا بردن کیفیت پرورش این میزبان یکی از مهم‌ترین نکات می‌باشد (Yazdani et al. 2000).

بنابراین در تحقیق حاضر با توجه به اهمیت این میزبان در تولید عوامل بیولوژیک تاثیر ویتامین‌های A (رتینول)، E (الفاتوکوفریل استات)، D3 (کوله کلسیفرول) و C (اسکوربیک اسید) در جیره غذایی روی شاخص‌های تغذیه‌ای و ایمنی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد در مقابله با سه عامل بیمارگر شامل: قارچ-*Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin باکتری *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915 و ویروس چند وجهی هسته‌ای NPV مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

## پرورش حشرات

برای تشکیل جمعیت حشرات از تخم جمع آوری شده از کلنی پرورشی موجود در انسکتاریوم حفظ نباتات آذربایجان-غربی استفاده شد. برای پرورش لاروها از مخلوط آرد گندم (۶۸٪)، سبوس گندم (۲۹٪) و مخمر (۳٪) به عنوان ماده غذایی استفاده شد (Abroun et al. 2013). به این منظور در هر سینی پرورش به ابعاد ۱۰ × ۲۰ × ۲۰ سانتی‌متر، مقدار یک کیلوگرم از مخلوط تهیه شده و ۰/۰۲ گرم تخم این حشره روی سطح ماده غذایی ریخته و سقف سینی‌های پرورش توسط پارچه سیاه‌رنگ پوشانده شد. پرورش لاروها در اتاق رشد در

### تعیین غلظت ۵۰ درصد کشندگی ( $LC_{50}$ )

به منظور تعیین میزان کشندگی ( $LC_{50}$ ) باکتری *B. thuringiensis* قارچ *B. bassiana* و ویروس چند وجهی هسته ای NPV روی لارو سن سوم تغذیه کرده از رژیم‌های غذایی استاندارد حاوی ویتامین و تیمار شاهد (بدون ویتامین)، ابتدا در یک سری آزمایش‌های مقدماتی غلظت‌هایی با بیش‌ترین و کم‌ترین تلفات (۲۵ تا ۷۵ درصد) تعیین، سپس در فاصله این دو غلظت، سه غلظت به روش لگاریتمی مشخص شد (Pourmirza 2005). بدین ترتیب پنج غلظت به همراه یک غلظت آب مقطر و هر غلظت در چهار تکرار و در هر تکرار روی ۲۰ عدد لارو سن سوم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد به همراه ماده غذایی و غلظت‌های مختلف عوامل بیماری‌گر به کار رفت. نتایج مرگ و میر حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف برای باکتری و ویروس بعد از ۷۲ ساعت و برای قارچ ۹۶ ساعت بعد از تیمار یادداشت برداری شد و با برنامه پروبیت تجزیه و تحلیل و توسط معادله ۱ و ۲ شاخص سمیت و سمیت نسبی به دست آمد (Sun 1950).

$$\text{معادله ۱} \quad \text{سمیت نسبی} = \left( \frac{LC_{50} \text{ کم‌ترین سم}}{LC_{50} \text{ ترکیب دیگر}} \right)$$

$$\text{معادله ۲} \quad \text{شاخص سمیت} = \left( \frac{LC_{50} \text{ قوی‌ترین سم}}{LC_{50} \text{ ترکیب دیگر}} \right) \times 100$$

### تعیین زمان ۵۰ درصد کشندگی ( $LT_{50}$ )

برای تعیین زمان ۵۰ درصد کشندگی از غلظت  $LC_{50}$  به دست آمده از تاثیر باکتری، ویروس و قارچ روی لاروهای سن سوم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد استفاده گردید. آزمایش به همان طریق روش تعیین غلظت ۵۰ درصد کشندگی با یک غلظت  $LC_{50}$  انجام گردید و شمارش مرگ و میر لاروها برای باکتری و ویروس در زمان‌های ۱۸، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ساعت و برای قارچ ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰، ۷۲، ۸۴ و ۹۶ ساعت صورت گرفت.

### ارزیابی شاخص‌های تغذیه‌ای

در آزمایش تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای، پنج تیمار ذکر شده مورد استفاده قرار گرفت. به ازای هر تیمار ۳۰ عدد لارو سن سوم یک روزه انتخاب شدند (در مجموع ۱۵۰ عدد لارو برای پنج تیمار). لاروهای مورد آزمایش ابتدا با ترازوی حساس و با دقت چهار رقم اعشار وزن شدند. هم‌زمان غذای هر لارو نیز توزین شده و به همراه هر لارو درون یک تشتک پتری قرار داده شد. پس از گذشت ۷۲ ساعت، لاروها و میزان غذای

دما  $28 \pm 2$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $65 \pm 5$  درصد و طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی هشت ساعت صورت گرفت. شدت نور در این اتاق پرورش، در میزان حداقل تنظیم گردید. سپس سنین مختلف لاروی با اندازه‌گیری عرض کپسول سر تفکیک و در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند (Godin et al. 2002).

### رژیم‌های غذایی

از رژیم‌های غذایی متفاوت برای انجام آزمایش حاضر استفاده شد. این رژیم‌ها شامل غذای استاندارد یا شاهد حاوی مخلوط آرد گندم (۶۸٪)، سبوس گندم (۲۹٪) و مخمر (۳٪) در ترکیب ۱٪ چهار ویتامین مختلف A (رتینول ساخت شرکت نوتروژینا)، E (الفاتوکوفریل استات ساخت شرکت داروسازی دانا)، D3 (کوله کلسیفرول تهیه شده از شرکت داروسازی کاسپین تامین) و C (اسکوربیک اسید ساخت شرکت مرک آلمان) می‌باشد.

### بیمارگرها

به منظور تعیین میزان کشندگی ( $LC_{50}$ ) از فرموله تجاری باکتری *B. thuringiensis* زیرگونه *kurstaki* با نام تجاری Belthirul به صورت پودر و تابل، ساخت کارخانه Probelete مادرید اسپانیا و ویروس NPV با غلظت  $5 \times 10^8$  OBs/L و قارچ *Beuveria bassiana* جدایه DEBI010 تهیه شده از موسسه تحقیقات گیاهپزشکی استفاده شد.

### تهیه سوسپانسیون قارچ

محیط‌های کشت حاوی قارچ که اسپورزایی آن‌ها به حد کافی انجام شده بود، انتخاب و اسپورها توسط اسکالپل استریل از سطح محیط کشت خراش داده شدند. سپس، به داخل لوله‌های آزمایش حاوی آب مقطر استریل منتقل و به همراه ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ به صورت سوسپانسیون در آمدند. درب لوله‌ها توسط پارافیلیم بسته و لوله‌ها به مدت چند دقیقه به خوبی تکان داده شدند. سپس، از چند لایه پارچه ملول عبور داده شدند تا میسیلیوم‌ها و قطعات محیط کشت حذف شوند. غلظت‌های مورد نظر اسپوری با افزودن مقدار مشخص آب مقطر استریل به داخل سوسپانسیون اصلی به روش رقیق‌سازی مکرر تهیه و برای تعیین تراکم اسپوری از لام گلبول شمار نتوبار استفاده شد (Emami et al. 2021; Javar et al. 2022; Shahriari et al. 2022).

میکرولیتر از همولنف لاروها با کمک لوله موئین جمع آوری و در میکروتیوب حاوی محلول ضد انعقاد تاپسون (۱ گرم NaCl، ۸ گرم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ، ۳۰ میلی لیتر گلیسرین خنثی، ۰/۰۲۵ گرم متیل ویولت و ۱۶۰ میلی لیتر آب مقطر) ریخته شد. حجم تاپسون دو برابر حجم خون در میکروتیوب در نظر گرفته شد. سپس تعداد کل سلول های خونی با استفاده از لام نوبار (هموسیتومتر) ساخت کشور آلمان شمارش و مورد مقایسه قرار گرفت (Jones 1962 1967).

#### تجزیه و تحلیل آماری

تیمارهای آزمایشگاهی در قالب کرت کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه اثر رژیم های غذایی مختلف بر ایمنی شناسی و شاخص های تغذیه لارو شب پره مدیترانه ای آرد از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده شد. به منظور تعیین کشدگی ترکیبات در آزمایشگاه، داده های حاصل از مرگ و میر لارو سن سوم شب پره مدیترانه ای آرد بعد از اصلاح با معادله آبوت (Abbott 1925) به روش تجزیه پروبیت آنالیز و مقادیر  $\text{LC}_{50}$  و  $\text{LT}_{50}$  محاسبه شد (معادله ۸). مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی توسط نرم افزار SPSS Ver. 22 انجام شد.

$$\text{معادله ۸} \quad \text{تلغات شاهد} - \text{تلغات تیمار} \times 100 = \frac{\text{تلغات شاهد}}{\text{تلغات تیمار}} \times 100 \quad \text{درصد مرگ و میر}$$

#### نتایج

##### شمارش سلول های خونی کل

نتایج بررسی تغذیه لاروهای شب پره مدیترانه ای آرد از ویتامین های مختلف روی فراوانی کل سلول های خونی لاروهای سن دوم، سوم و چهارم نشان داد بین رژیم غذایی حاوی ویتامین های مختلف و تیمار شاهد اختلاف معنی داری وجود دارد؛  $F_{(4, 10)} = 60.82, P = 0.001$ ;  $F_{(4, 10)} = 22.94, P = 0.001$  دارد؛  $F_{(4, 10)} = 64.89, P = 0.001$  (شکل ۱). در سن دوم و سوم لاروی بیشترین تعداد سلول های خونی در محیط غذایی استاندارد به علاوه ویتامین های C و D3 و در سن چهارم لاروی در محیط غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C مشاهده شد (شکل ۱).

باقیمانده مجدد وزن شدند. فضولات لاروها نیز جمع آوری و در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک و توزین گردید. شاخص های تغذیه ای لاروهای سن سوم شب پره مدیترانه ای آرد با تغذیه روی آرد حاوی ویتامین ها و تیمار شاهد آرد (بدون ویتامین) با استفاده از معادله های ۳ تا ۷ زیر محاسبه شدند (Scriber & Slansky 1981).

نرخ نسبی مصرف (Relative Consumption Rate (RCR)

$$\text{معادله ۳} \quad \text{RCR} = \frac{I}{B \times T}$$

Food Ingested = I: وزن خشک کل غذای خورده شده به ازای هر لارو (mg)

Biomass = B: تفاوت وزن لارو در ابتدا و انتهای آزمایش (mg)

Time = T: مدت زمان آزمایش (روز)

نرخ نسبی رشد (Relative Growth Rate (RGR)

$$\text{معادله ۴} \quad \text{RGR} = \frac{F_w - I_w}{I_w \times T}$$

Final Weight = Fw: وزن خشک لارو در انتهای آزمایش (mg)

Initial Weight = Iw: وزن خشک لارو در ابتدای آزمایش (mg)

کارایی تبدیل غذای خورده شده (Efficiency of Conversion of Ingested Food (ECI)

$$\text{معادله ۵} \quad \text{ECI} (\%) = \frac{B}{I} \times 100$$

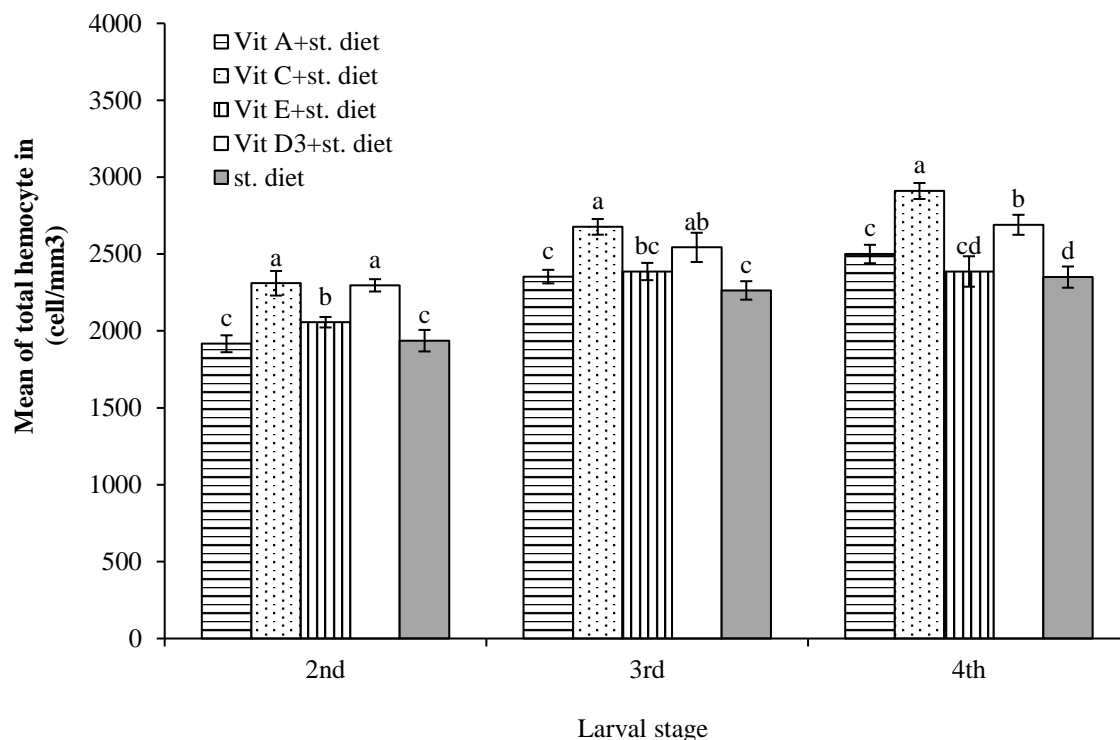
کارایی تبدیل غذای هضم شده (Efficiency of Conversion of Digested Food (ECD)

$$\text{معادله ۶} \quad \text{ECD} (\%) = \frac{B}{I - F} \times 100$$

Frass = F: وزن خشک کل فضولات تولید شده توسط هر لارو در هر تکرار (mg)

##### آزمایش های ایمنی شناسی

جهت بررسی اثر مکمل های ویتامین بر سامانه ایمنی (سلول های خونی)، دسته تخم های شب پره مدیترانه ای آرد در ظروف پرورش قرار داده شد و به لاروهای تفریخ شده اجازه داده شد که از رژیم غذایی حاوی ویتامین ها و تیمار شاهد (بدون ویتامین) تغذیه کنند. سپس ۳۰ عدد لارو در مرحله سن دوم، سوم و چهارم از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و مقدار ۱۰



شکل ۱. اثر ویتامین‌های مختلف موجود در جیره غذایی روی کل سلول‌های خونی (هموسیت) لاروهای سن دوم، سوم و چهارم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* با آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد. حروف کوچک مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم اختلاف معنی‌داری است.

**Figure 1.** The effect of different vitamins in the diet on the total blood cells (hemocyte) of second, third and fourth instar larvae of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* with Tukey's test at the probability level of 5%. Similar lowercase letters in each column indicate no significant differences.

بیمارگر روی لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی استاندارد مخلوط آرد گندم (۶۹٪)، سبوس گندم (۲۹٪) و مخمر (۲٪) و کم‌ترین تلفات در لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C می‌باشد (جدول ۱، ۲ و ۳).

غلظت ۵۰ درصد کشندگی ( $LC_{50}$ )

نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *B. bassiana* باکتری *B. thuringiensis* و ویروس NPV روی لارو سن سوم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد نشان داد که بیش‌ترین تاثیر هر سه

جدول ۱. اثر کشندگی ( $LC_{50}$ ) قارچ *Beauveria bassiana* روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* بعد از ۹۶ ساعت.

**Table 1.** Lethal effect ( $LC_{50}$ ) of *Beauveria bassiana* on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* after 96 hours.

Diets	Concentrations (Conidia/ml)	Slope±SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	Toxicity index (%)	Relative potency
Vit A+st. diet		0.25±0.06	3.70	1.820(3)	2.8×10 <sup>6</sup> 4.5×10 <sup>5</sup> -1.8×10 <sup>7</sup>	2.87	251.78
Vit C+st. diet	10 <sup>3</sup>	0.20±0.05	3.17	0.650(3)	7.1×10 <sup>8</sup> 2.2×10 <sup>7</sup> -4.1×10 <sup>9</sup>	0.01	1.00
Vit E+st. diet	10 <sup>4</sup>	0.23±0.04	3.41	1.050(3)	5.2×10 <sup>6</sup> 9.2×10 <sup>5</sup> -1.8×10 <sup>7</sup>	1.55	136.26
Vit D3+st. diet	10 <sup>5</sup>	0.22±0.03	3.35	0.350(3)	2.7×10 <sup>6</sup> 3.1×10 <sup>5</sup> -7.1×10 <sup>7</sup>	0.29	25.70
St. diet	10 <sup>6</sup>	0.33±0.05	3.36	1.751(3)	8.1×10 <sup>4</sup> 2.7×10 <sup>4</sup> -2.3×10 <sup>5</sup>	100.00	8742.93

جدول ۲. اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) باکتری *Bacillus thuringiensis* روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* بعد از ۷۲ ساعت.

**Table 2.** Lethal effect (LC<sub>50</sub>) of *Bacillus thuringiensis* on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* after 72 hours.

Diets	Concentrations (ppm)	Slope± SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	Toxicity index (%)	Relative Potency
Vit A+st. diet		0.67±0.11	3.06	4.644 (3)	764.10 463.18-1741.85	38.99	4.52
Vit C+st. diet	100	0.64±0.20	2.71	1.339(3)	3457.94 1524.26-81464.28	8.61	1.00
Vit E+st. diet	400	0.70±0.19	2.91	3.040(3)	864.43 540.64-2005.62	34.46	4.00
Vit D3+st. diet	700	0.58±0.15	3.1	3.270(3)	1779.62 915.01-19680.46	16.74	1.94
St. diet	1000	1.14±0.19	2.17	12.540(3)	297.95 199.20-456.23	100.00	11.60

جدول ۳. اثر کشندگی (LC<sub>50</sub>) ویروس NPV روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* بعد از ۷۲ ساعت.

**Table 3.** Lethal effect (LC<sub>50</sub>) of NPV on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* after 72 hours.

Diets	Concentrations (OB/mL)	Slope± SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LC <sub>50</sub> (95% CLs)	Toxicity index (%)	Relative potency
Vit A+st. diet		0.21±0.06	3.94	1.501(3)	8.7×10 <sup>3</sup> 1.8×10 <sup>4</sup> -1.4×10 <sup>6</sup>	4.78	185.48
Vit C+st. diet	10 <sup>2</sup>	0.18±0.05	3.59	0.170(3)	1.6×10 <sup>7</sup> 8.6×10 <sup>5</sup> -2.2×10 <sup>8</sup>	0.025	1.00
Vit E+st. diet	10 <sup>3</sup>	0.26±0.04	3.87	0.622(3)	1.5×10 <sup>5</sup> 3.1×10 <sup>4</sup> -3.5×10 <sup>6</sup>	2.76	107.00
Vit D3+st. diet	10 <sup>4</sup>	0.19±0.05	3.79	0.191(3)	1.5×10 <sup>7</sup> 1.6×10 <sup>6</sup> -8.1×10 <sup>6</sup>	0.26	10.41
St. diet	10 <sup>5</sup>	0.35±0.03	3.70	1.480(3)	4.1×10 <sup>4</sup> 1.3×10 <sup>3</sup> -1.1×10 <sup>5</sup>	100.00	3876.36

استاندارد مخلوط آرد گندم (۶۹٪)، سبوس گندم (۲۹٪) و مخمر (۲٪) و بیش‌ترین زمان برای ۵۰ درصد تلفات در لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C می‌باشد (جدول ۴، ۵ و ۶).

تعیین زمان ۵۰ درصد کشندگی (LT<sub>50</sub>)

نتایج حاصل از تاثیر LC<sub>50</sub> قارچ *B. bassiana* باکتری *B. thuringiensis* و ویروس NPV روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد نشان داد که کم‌ترین زمان برای ۵۰ درصد تلفات هر سه بیمارگر روی لاروهای تغذیه شده در رژیم غذایی

جدول ۴. زمان لازم برای کشندگی ۵۰ درصد (LT<sub>50</sub>) قارچ *Beauveria bassiana* روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella*

**Table 4.** Time required for 50% lethality (LT<sub>50</sub>) of *Beauveria bassiana* on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*.

Diets	Time (hr.)	LC <sub>50</sub> (Conidi/ml)	Slope± SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LT <sub>50</sub> (hr.) (95% CLs)
Vit A+st. diet		2.8×10 <sup>6</sup>	0.22±0.04	3.27	2.541(3)	83.96 76.76-94.42
Vit C+st. diet	24	7.1×10 <sup>8</sup>	0.14±0.06	2.98	1.322(3)	92.57 84.52-105.02
Vit E+st. diet	36	5.2×10 <sup>6</sup>	0.24±0.01	3.06	0.880(4)	78.45 72.77-85.78
Vit D3+st. diet	48	2.7×10 <sup>6</sup>	0.15±0.02	2.84	5.620(3)	90.43 83.27-100.98
St. diet	60	8.1×10 <sup>4</sup>	0.31±0.07	3.12	2.151(3)	71.78 66.74-77.68

**جدول ۵.** زمان لازم برای کشندگی ۵۰ درصد ( $LT_{50}$ ) باکتری *Bacillus thuringiensis* روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella*

**Table 5.** Time required for 50% lethality ( $LT_{50}$ ) of *Bacillus thuringiensis* on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*.

Diets	Time (hr.)	LC <sub>50</sub> (PPM)	Slope± SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LT <sub>50</sub> (hr.) (95% CLs)
Vit A+st. diet		764.10	0.14±0.06	3.84	0.451(3)	26.49 23.60-29.65
Vit C+st. diet	18 24	3457.94	0.09±0.05	3.33	2.512(3)	30.55 28.09-33.45
Vit E+st. diet	30 36	864.43	0.12±0.04	3.48	1.603(3)	22.26 20.21-24.25
Vit D3+st. diet	42 48	1779.62	0.11±0.06	3.55	0.382(3)	26.54 24.16-29.10
St. diet		297.95	0.27±0.07	3.53	1.803(3)	20.68 18.65-22.60

**جدول ۶.** زمان لازم برای کشندگی ۵۰ درصد ( $LT_{50}$ ) ویروس NPV با غلظت LC<sub>50</sub> روی سن سوم لاروی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella*

**Table 6.** Time required for 50% lethality ( $LT_{50}$ ) by NPV on the 3<sup>rd</sup> larval stage of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*.

Diets	Time (hr.)	LC <sub>50</sub> (OB/ml)	Slope± SE	Intercept	X <sup>2</sup> (df)	LT <sub>50</sub> (hr.) (95% CLs)
Vit A+st. diet		8.7×10 <sup>3</sup>	0.34±0.11	3.64	1.872(3)	28.18 25.63-30.77
Vit C+st. diet	18 24	1.6×10 <sup>7</sup>	0.14±0.12	3.50	5.773(3)	35.82 32.81-39.46
Vit E+st. diet	30 36	1.5×10 <sup>5</sup>	0.24±0.05	3.64	3.360(3)	28.23 25.67-30.83
Vit D3+st. diet	42 48	1.5×10 <sup>7</sup>	0.15±0.08	3.31	3.180(3)	32.92 30.48-35.65
St. diet		4.1×10 <sup>4</sup>	0.36±0.07	3.43	4.422(3)	23.06 21.05-24.99

#### شاخص‌های تغذیه‌ای

رژیم غذایی غنی شده به وسیله ویتامین‌های C و D3، و در رابطه با نرخ نسبی مصرف، کارایی تبدیل غذای خورده شده و کارایی تبدیل غذای هضم‌شده در لاروهای تغذیه‌شده در رژیم غذایی استاندارد به علاوه ویتامین C مشاهده گردید (جدول ۷).

در ارزیابی شاخص‌های تغذیه‌ای روی لاروهای سن سوم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد تغذیه شده با رژیم غذایی غنی شده به وسیله ویتامین‌های A، C، E، D3 و تیمار شاهد نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص نرخ نسبی رشد در لاروهای تغذیه شده با

**جدول ۷.** شاخص‌های تغذیه لارو سن سوم شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* در تغذیه با رژیم غذایی غنی شده به وسیله ویتامین‌های A، C، E، D3 و تیمار شاهد.

**Table 7.** Feeding indices of third instar larvae of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* fed on nutrition enriched with vitamin A, C, E, D3 and control treatment.

Diets	Related growth rate (mg/mg/day)	Related consumption rate (mg/mg/day)	Efficiency of conservation of ingested food (%)	Efficiency of conservation of digested food (%)
Vit A+st. diet	0.112±0.01 <sup>b</sup>	1.880±0.12 <sup>b</sup>	5.89±0.21 <sup>c</sup>	11.90±0.44 <sup>b</sup>
Vit C+st. diet	0.215±0.02 <sup>a</sup>	2.360±0.30 <sup>a</sup>	8.01±0.36 <sup>a</sup>	18.48±0.19 <sup>a</sup>
Vit E+st. diet	0.197±0.01 <sup>b</sup>	1.998±0.21 <sup>b</sup>	5.59±0.31 <sup>c</sup>	12.58±1.02 <sup>b</sup>
Vit D3+st. diet	0.202±0.01 <sup>a</sup>	1.977±0.27 <sup>b</sup>	6.89±0.31 <sup>b</sup>	13.88±0.22 <sup>b</sup>
St. diet	0.096±0.02 <sup>c</sup>	1.882±0.08 <sup>b</sup>	5.38±0.22 <sup>c</sup>	----
F(df, df)	(4, 10)	(4, 10)	(4, 10)	(3, 8)
P	0.001	0.001	0.02	0.03

Similar lowercase letters in each column indicate no significant differences.

## بحث

کیفیت و کمیت غذای خورده شده می تواند تاثیر معنی داری بر نشو و نما، فرایندهای فیزیولوژیک و ایمنی حشرات داشته باشد. پژوهشگران متعددی گزارش کرده اند که مولفه های زیستی حشرات می توانند تحت تاثیر نوع ماده غذایی مورد تغذیه آن ها قرار گیرند ( Madboni & Pourabad 2012; Abdi *et al.* 2014; Mason *et al.* 2014; Safa *et al.* 2014; Borzoui *et al.* 2017). چنانچه حشرات از غذای مطلوب و با ارزش غذایی بالاتر بهره مند شوند سامانه ایمنی قوی تری داشته و بهتر می توانند با عوامل بیگانه مقابله کنند. به علاوه، تغذیه کافی در دوران لاروی منجر به تولید حشراتی با توان باروری مناسب می شود که این موضوع از اهداف مهم پرورش حشرات میزبان واسط انگل واره ها است (Singer *et al.* 2014; Ponton *et al.* 2013). رژیم غذایی یک فراسنجه مهم در این راستا است. هر چه کیفیت غذای لاروهای شب پره مدیترانه ای آرد بالاتر و از مولکولهای موثر در رشد غنی تر باشد، فرایند پرورش انبوه حشره و متعاقباً تولید و تکثیر دشمنان طبیعی آن با اطمینان بیشتری انجام خواهد گرفت. غذاهای مطلوب و غنی از کربوهیدرات و پروتئین مورد پسند بیشتری قرار گرفته و شاخص های رشد، ایمنی، میزان زندهمانی و تولیدمثل را تحت تاثیر قرار می دهد ( Adamo *et al.* 2016).

سامانه ایمنی حشرات شامل دفاع متکی بر سلول های ایمنی و چندین آبخار آنزیمی که به سرعت فعال می شوند مانند آبخار پروفنونل اکسیداز که دارای خواص ضدالتهابی می باشد و نتایج بررسی ها نشان می دهد ویتامین ها نقش مهمی در این امر دارد (Siva-Jothy *et al.* 2005). در پژوهش حاضر نیز همه رژیم های غذایی حاوی ویتامین ها نسبت به تیمار شاهد ایمنی و مقاومت در برابر بیمارگرها را به طور معنی داری افزایش داده به طوری که ویتامین C و D3 بهترین عملکرد را نشان دادند. در بررسی ایمنی لاروهای تغذیه شده از کارتنوئید استاگزاتین و تیمار شاهد به دو بیمارگر (*sensu stricto*) *B. thuringiensis* و *Bacillus cereus* نتایج نشان داد تیمار کارتنوئید استاگزاتین به طور معنی داری موجب افزایش مقاومت به بیمارگرها و ایمنی لاروها می شود (Dhinaut *et al.* 2017). در بررسی حاضر تیمار ویتامین C در قیاس با ویتامین A در مقابل سه بیمارگر قارچ *B. bassiana*، باکتری *B. thuringiensis* و ویروس NPV ایمنی و مقاومت بیشتری از خود نشان داد. رژیم غذایی می تواند تأثیرات عمیقی بر سامانه ایمنی حشرات داشته باشد. تفاوت در گیاه میزبان، میزان مصرف

پروتئین و کیفیت پروتئین می تواند وضعیت ایمنی حشرات را تحت تاثیر قرار دهد. علاوه بر این، استفاده از رژیم های غذایی مصنوعی، دستکاری مواد مغذی نیز می تواند بر سامانه ایمنی اثر گذار باشد (Vogelweith *et al.* 2011; Wilson & Ruiz 2019). در مطالعه ای تأثیر اسید اسکوربیک و کربوهیدرات های سوربیتول و مانیتول بر شاخص های تغذیه ای و سامانه ایمنی شب پره مدیترانه ای آرد آزمایش شد و نرخ نسبی رشد در همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان داد. لاروهای سن سوم شب پره مدیترانه ای آرد پرورش یافته روی رژیم غذایی حاوی ویتامین C و مانیتول به ترتیب بیشترین کارایی تبدیل غذای خورده شده (ECI) و بالاترین شاخص هضم نسبی (FDI) را دارا بودند. بالاترین شاخص تبدیل غذای هضم شده (ECD) مربوط به لاروهایی بود که از غذای حاوی ویتامین C تغذیه کردند. به طور کلی، در میان تیمارها، ویتامین C و قند مانیتول می توانند به عنوان گزینه های مناسبی در رژیم غذایی شب پره مدیترانه ای آرد لحاظ شوند. نرخ رشد نسبی در لاروهایی که از مکمل های غذایی تغذیه کرده بودند به طور معنی داری بیشتر از لاروهای شاهد بود که این امر نشان دهنده مطلوبیت بیشتر عناصر غذایی موجود در این رژیم های غذایی برای رشد شب پره مدیترانه ای آرد است. در واقع بر اساس نتایج، هم ویتامین C و هم قندهای سوربیتول و مانیتول توانستند بر نرخ رشد نسبی لاروهای شب پره مدیترانه ای آرد تاثیر مثبت افزایشی را به همراه داشته باشند (Ajam Hassani & Amiri Jami 2020). در تحقیق حاضر نیز ویتامین C نسبت به تیمار شاهد علاوه بر بهبود شاخص های ایمنی، مقاومت در برابر عوامل بیمارگر را به طور معنی داری افزایش داد. در همین راستا بررسی سایر محققین نیز تاثیر مثبت ویتامین C (اسید اسکوربیک) در فرآیند پوست اندازی و تولید حشرات مفید را نشان داده است (Cohen 2003; Morales-Ramos *et al.* 2014). تأثیر مواد غذایی نظیر انواع ویتامین، پاسخ های ایمنی سلولی در گونه های مختلف جانوران را افزایش می دهد و موجب افزایش تکثیر لنفوسیت ها و ایمونوگلوبولینها، پاسخ های آنتی بادی، فعالیت سلول های دفاعی و تولید اینترلوکین شده است. اثر محرک ایمنی ویتامین E منجر به افزایش مقاومت در برابر چندین عامل بیمارگر شده است (Han *et al.* 2000). بررسی ها نشان داده که غلظت بسیار کم عنصر روی در مواد غذایی لارو شب پره برگخوار *Spodoptera litura* F. (Lep.: Noctuidae) موجب افزایش رشد و بقای لارو و بهبود ایمنی آن ها می شود (Lee *et al.* 2008; Cotter *et al.* 2011; Manjula *et al.* 2020).



استفاده از مکمل غذایی حاوی ویتامین C و D3 قابل توصیه می‌باشد.

### سپاسگزاری

نگارندگان از ریاست سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی جناب مهندس کرامتی و همچنین معاونت تولیدات گیاهی جناب مهندس وحدت به خاطر همکاری و در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاه و انسکتاریوم جهت این پژوهش تشکر می‌نمایند.

### References

- Abbott WS, 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.
- Abdi A, Naseri B, Fathi SAA, 2014. Nutritional indices and proteolytic and digestive amyolytic activities of *Ephestia kuehniella* (Lep: Pyralidae): response to flour of nine wheat cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran* 33: 29–41. (In Persian).
- Abroun P, Mousavi SGh, Ashouri A, kishani H, 2013. Effect of different quality of *Ephestia kuehniella* on the parasitism of *Trichogramma brassicae*. *The 1st National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources* pp. 1–8. (In Persian).
- Adamo SA, Davies G, Easy R, Kovalko I, Turnbull KF, 2016. Reconfiguration of the immune system network during food shortages in the caterpillar *Manduca sexta*. *Journal of Experimental Biology* 219: 706–718.
- Ajam Hassani M, Amiri Jami S, 2020. Effect of ascorbic acid, sorbitol and mannitol carbohydrates on feeding indices and immune system of *Ephestia kuehniella* (Lep: Pyralidae). *Biocontrol in Plant Protection* 7(2): 77–90 (In Persian).
- Alavanja MC, Bonner MR, 2012. Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. *Journal of Toxicology & Environmental Health: Part B, Critical Reviews* 15(4): 238–263.
- Bale JS, van Lenteren JC, Bigler F, 2008. Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 761–776.
- Bayat E, Ashour A, 2022. Age-specific oviposition

بررسی حاضر، حشرات تیمار شده با ویتامین C در مقایسه با ویتامین E در مقابل سه بیمارگر ایمنی و مقاومت بیشتری از خود نشان دادند. مواد مغذی نقش مهمی به عنوان تعدیل کننده پاسخ ایمنی حشرات دارند و نوع ترکیبات مختلف تغذیه، تعیین کننده حساسیت یا تحمل میزبان نسبت به عوامل بیماری‌زا است (Maggini et al. 2012).

بنابراین در تکثیر و پرورش شب‌پره مدیترانه‌ای آرد در تولید عوامل بیولوژیک مختلف جهت افزایش شاخص‌های تغذیه‌ای و بهبود شاخص‌های ایمنی در مقابل بیمارگران

behavior of *Trichogramma brassicae* on *Ephestia kuehniella* under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran* 42 (1): 55–65 (In Persian).

Borzoui E, Naseri B, Nouri-Ganbalani G, 2017. Effects of food quality on biology and physiological traits of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology* 110: 266–273.

Chapman RF, 1998. *The Insects Structure and Function*, 4<sup>th</sup> edition, Cambridge University Press, Cambridge. 782 pp.

Cohen AC. 2003. *Insect Diets: Science and Technology*. 1st edition, CRC Press.

Cotter SC, Simpson SJ, Raubenheimer D, Wilson K, 2011. Macronutrient balance mediates trade-offs between immune function and life history traits. *Function Ecology* 25:186–98.

Dhinaut J, Chogne M, Moret Y, 2017. A dietary carotenoid reduces immunopathology and enhances longevity through an immune depressive effect in an insect model. *Scientific Reports* 7: 12429.

Emami S, Aramideh Sh, Pirsas S, Michaud JP, 2021. Lethal effects of fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) and nanosilica on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) and its parasitoid *Diaeretiella rapae* (mcintosh) in laboratory conditions. *Journal of Plant Protection* 35(3): 333–345 (In Persian with English abstract).

Figueiredo MLC, Cruz I, Silva RB, 2015. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4%. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1175–1183.

Ghasemi M, Jalali Sendi J, Zibae A, 2018. Effect of casein and zein as additives on some nutritional and

- immunological indices of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep: Pyralidae). *Plant Pest Research* 8(2): 25–39 (In Persian with English abstract).
- Godin J, Maltais P, Gaudet S, 2002. Head capsule width as an instar indicator for larvae of the cranberry fruitworm (Lepidoptera: Pyralidae) in southeastern New Brunswick. *Journal of Economic Entomology* 95:1308–1313.
- Hamasaki K, Matsui M, 2006. Development and reproduction of an aphidophagous coccinellid, *Propylea japonica* (Thunberg) (Coleoptera: Coccinellidae), reared on an alternative diet, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) eggs. *Applied Entomology and Zoology* 41: 233–237.
- Han SN, Wu D, Ha WK, Beharka A, Smith DE, et al., 2000. Vitamin E supplementation increases T helper 1 cytokine production in old mice infected with influenza virus. *Immunology* 100: 487–493.
- Harvey JA, Bezemer TM, Elzinga JA, Strand MR, 2005. Development of the solitary endoparasitoid *Microplitis demolitor*: host quality does not increase with host age and size. *Ecological Entomology* 29: 35–43.
- Heimpel GH, Mills NJ, 2017. Biological Control: Ecology and Applications. Cambridge University Press, Cambridge 380 pp.
- Javar S, Farrokhi Sh, Naeimi Sh, Kalantari Jooshani M, 2022. Effect of moisture content, substrates and nutritional supplements on condition and virulence of *Beauveria bassiana* against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (2): 57–66 (In Persian with English abstract).
- Jones JC, 1962. Current concepts concerning insect hemocytes. *American Zoologist* 209–246.
- Jones JC, 1967. Changes in the hemocyte picture of *Galleria mellonella* (Linnaeus). *The Biological Bulletin* 132(2): 211–221.
- Kazumu K, Vicencio EJM, Kainoh Y, 2019. Differences in food plant species of the polyphagous herbivore *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) influence host searching behavior of its larval parasitoid, *Cotesia kariyai* (Hymenoptera: Braconidae). *Arthropod-Plant Interactions* 13: 49–55.
- Kishani Farahani H, Ashouri A, Zibae A, Abroon P, Alford L, 2016. The effect of host nutritional quality on multiple components of *Trichogramma brassicae* fitness. *Bulletin of Entomological Research* 106: 633–641.
- Lee KP, Simpson SJ, Wilson K, 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology* 22(6): 1052–1061.
- Madboni MAZ, Pourabad RF, 2012. Effect of different wheat varieties on some of developmental parameters of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology & Zoology* 7: 1017–1022.
- Maggini S, Beveridge S, Suter M, 2012. A combination of high-dose vitamin C plus zinc for the common cold. *Journal of International Medical Research* 40(1): 28–42.
- Manjula P, Lalitha K, Vengateswari G, Patil J, Senthil SN, et al., 2020. Effect of *Manihot esculenta* (Crantz) leaf extracts on antioxidant and immune system of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biocatalysis & Agricultural Biotechnology* 23: 1–9.
- Mason AP, Smilanich AM, Singer MS, 2014. Reduced consumption of protein-rich foods follow immune challenge in a polyphagous caterpillar. *Journal of Experimental Biology* 217(13): 2250–2260.
- Morales-Ramos J, Rojas MG, Shapiro-Ilan D. 2014. Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens. London: Elsevier Inc.
- Ou HD, Atlihan R, Wang XQ, Li HX, Sun GJ, et al., 2021a. Host deprivation effects on the functional response and parasitism rate of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ephestia elutella* (Lepidoptera: Pyralidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology* 114(5): 2024–2031.
- Ou HD, Atlihan R, Wang XQ, Li HX, Yu XF, et al., 2021b. Host deprivation effects on population performance and paralysis rates of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Management Science* 77(4): 1851–1863.
- Pimentel D, 2009. Pest control in world agriculture. In: *Agricultural Sciences*, Vol. 2., ed. Lalaytexasphltw,

- R., Encyclopedia of Life Support Systems, U.S.A Pp. 272-293.
- Ponton F, Wilson K, Holmes AJ, Cotter SC, Raubenheimer D, et al., 2013. Integrating nutrition and immunology: a new frontier. *Journal of Insect Physiology* 59: 130-137.
- Pourmirza AA, 2005. Local variation in susceptibility of Colorado potato beetle (Col.: Chrysomelidae) to insecticide. *Journal of Economic Entomology* 98: 2176-80.
- Safa M, Yazdani M, Sarailoo MH, 2014. Larval feeding from some artificial diets and its effects on biological parameters of the Mediterranean flour moth. *Munis Entomology & Zoology* 9(2): 678-686.
- Sampaio M, 2018. Controle Biológico: Tecnologias Na Construção De Oportunidades No Brasil. *Análisis. Indicat. Agroneg* 13: 1-4.
- Scriber JM, Slansky FJ, 1981. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology* 26: 183-211.
- Shahriari M, Zibae A, Aghaeepour S, Mojarab Mahboubkar M, Hoda H, 2022. Virulence and induction of immune responses by the two isolates of *Beauveria bassiana* against the larvae of *Hyphantria cunea*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10 (4): 37-46 (In Persian with English abstract).
- Sharma A, Kumar V, Shahzad B, Tanveer M, Sidhu GPS, et al., 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences* 1: 1-16.
- Singer MS, Mason PA, Smilanich AM, 2014. Ecological immunology mediated by diet in herbivorous insects. *Integrative & Comparative Biology* 54: 913-921.
- Siva-Jothy MT, Moret Y, Rolff J, 2005. Insect immunity: an evolutionary ecology perspective. *Advance Insect Physiology* 32: 1-48.
- Sohrabi F, Habibi H, Moramazi S. 2022. Effect of dietary supplementation with antibiotic and probiotic on biological parameters of yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (3): 77-87 (In Persian with English abstract).
- Sun YP, 1950. Toxicity indexes an improved method of comparing the relative toxicity of insecticides. *Journal of Economic Entomology* 43: 45-53.
- Vogelweith F, Thiéry D, Quaglietti B, Moret Y, Moreau J, 2011. Host plant variation plastically impacts different traits of the immune system of a phytophagous insect. *Functional Ecology* 25: 1241-7.
- Wilson JK, Ruiz L, 2019. Davidowitz G. Dietary protein and carbohydrates affect immune function and performance in a specialist herbivore insect (*Manduca sexta*). *Physiological & Biochemical Zoology* 92: 58-70.
- Yazdani M, Talebi-Chaichi P, Haddad Irani-Nejhad K, 2000. Studying development of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*, reared on some diets containing wheat flour and bran. *Agricultural Science* 10 (3): 35-48 (In Persian).



This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)