University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 3, 2024, pages: 65-81
DOI: 10.22124/janb.2024.27799.1248

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

The effect of ginger, *Zingiber officinal*e powder on growth indices, body chemical compositions and non-specific immune responses of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*

Fardin Baradaran Noveiri, Hamid Allaf Noverian, Majidreza Khoshkholgh*, Majid Mosapour Shajani
Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

Received 14 June 2024 Revised 18 September 2024 Accepted 19 September 2024

KEYWORDS
Crustacean
Herbs
Hemolymph
Immunization

Abstract:
Introduction: The red swamp crayfish is native to southern USA and north-eastern Mexico. It has been introduced into the most continents for aquaculture and aquarium ornamental animals. Farm intensification in recent years has increased the incidence and severity of infectious diseases. Using herbs to prevent aquaculture disease highlights a more environmental friendly method of disease control. Ginger is often used as a medicinal herb and spice. It enhances disease resistance and non-specific immunity. This study performed to find the effect of feeding with ginger powder on this species.
Materials and methods: A total number of 120 red swamp crayfish with an average weight of 2.80 ± 0.05 g were randomly distributed into aquariums and then fed with diets containing 0, 0.5, 1, and 1.5% ginger powder (T_0, $T_{0.5}$%, T_1% and $T_{1.5}$%, respectively) for 8 weeks. The growth indices and body chemicals were assessed at the end of the feeding period. Moreover, hemolymph samples were collected from the ventral abdominal sinus to evaluate immune indices.
Results and Discussion: According to the results, the growth and survival rate were significantly higher in T_1. Additionally, it showed the highest PER, LER, and the lowest FCR. Proximate compositions showed that protein was significantly increased in T_1. The lipid was decreased in $T_{1.5}$. The lowest ash content and the highest moisture level were found in $T_{1.5}$. Moreover, there was no significant difference in total hemocyte counts between $T_{0.5}$, and $T_{1.5}$. The semi-granular cells were significantly higher after dietary supplementation with 1% ginger, while the control group exhibited a significant decrease in hyaline cells.

Conclusion: This research demonstrated that using 1% ginger in diets could improve the growth of red swamp crayfish.

*Corresponding author: majidreza@guilan.ac.ir

CC BY NC

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال دهم، شماره سوم، مهر ۱۴۰۳، صفحات ۸۱-۶۵

DOI: 10.22124/janb.2024.27799.1248

"مقاله پژوهشی"

تأثیر سطوح مختلف پودر زنجبیل (*Zingiber officinale*) بر شاخص‌های رشد، ترکیب شیمیایی بدن و شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی در شاه میگوی قرمز باتلاق (*Procambarus clarkii*)

فردین برادران نویری، حمید علاف نویریان، مجیدرضا خوش خلق*، مجید موسی‌پور شاجانی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۹

چکیده

در این مطالعه، تأثیر سطوح مختلف پودر زنجبیل جیره بر شاه میگوی قرمز باتلاق (*Procambarus clarkii*) بررسی شد. تعداد ۱۲۰ قطعه شاه میگو با میانگین وزنی ۰/۰۵ ± ۲/۸۰ گرم به‌صورت تصادفی بین ۱۲ آکواریوم توزیع و سپس به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پودر زنجبیل تغذیه شدند. پس از اتمام دوره تغذیه، تمامی شاه میگوها از نظر شاخص‌های رشد، ترکیبات شیمیایی بدن و شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی بررسی شدند. بر اساس نتایج، شاخص‌های رشد و نرخ بقا در تیمار ۱٪ بالاتر از دیگر گروه‌های آزمایشی بود (P<۰/۰۵). علاوه بر این، تیمار ۱٪ بالاترین بازده پروتئین، چربی و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی را نشان دادند (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج سنجش تقریبی ترکیبات شیمیایی بدن، میزان پروتئین خام در تیمار ۱٪ به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (۰/۴۰ ± ۱۰/۱۶ درصد) و میزان چربی خام در تیمار ۱/۵٪ به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. کم‌ترین میزان خاکستر و بیش‌ترین میزان رطوبت بدن نیز در تیمار ۱/۵٪ مشاهده شد. علاوه بر این، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ در مورد میزان هموسیت کل مشاهده نشد (P>۰/۰۵) و کم‌ترین میزان به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱/۵٪ و گروه شاهد بود. میزان یاخته‌های نیمه‌گرانولار در تیمار ۱٪ به‌طور معنی‌دار بالاتر بود (۰/۰۴ ± ۶/۳۸) و میزان یاخته‌های هیالین نیز در گروه شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در مجموع، این مطالعه نشان داد که استفاده از جیره حاوی سطوح مختلف پودر زنجبیل می‌تواند عملکرد رشد، بقا و پاسخ ایمنی این گونه را تحت تأثیر قرار دهد. بر این اساس، مصرف ۱٪ پودر زنجبیل در جیره شاه میگوی قرمز باتلاق، برای بهبود عملکرد رشد توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی

سخت‌پوستان

گیاهان دارویی

همولنف

ایمنی‌زایی

نویسنده مسئول: majidreza@guilan.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر تولید و پرورش سخت‌پوستان اعم از میگوها و شاه میگوها یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های آبزی‌پروری در بیشتر نواحی گرمسیری بوده و این صنعت رشد قابل ملاحظه‌ای در سراسر جهان داشته است (Sirajudheen et al. 2014). امروزه با توجه به ارزش بالای غذایی جانوران آبزی، مصرف آن‌ها نیز افزایش پیدا کرده است و در این میان شاه میگوهای آب شیرین به‌دلیل داشتن خصوصیاتی مانند رژیم غذایی ارزان، ارزش اقتصادی بالا و بازارپسندی مناسب در دنیا و همچنین کشورمان از اهمیت اقتصادی و تجاری خاصی در بازار فروش آبزیان زینتی برخوردار است و مطالعات متعددی نیز بر روی آن‌ها انجام شده است (Khoshkholgh et al. 2019; Khoshkholgh et al. 2020; Nazari et al. 2022).

شاه میگوی قرمز باتلاق (*Procambarus clarkii*) بومی جنوب مرکزی ایالات متحده آمریکا و شمال شرقی مکزیک است (Hobbs Iii et al. 1989). این گونه تاکنون در بسیاری از کشورهای دیگر در سراسر جهان معرفی شده است (Henttonen and Huner, 2017). دارای تغذیه متنوعی است و به‌طور کلی یک همه چیزخوار عمومی است (Gutiérrez-Yurrita and Montes, 1999). درباره تغذیه آن مطالعات گسترده‌ای انجام نشده است، اما با وجود این، بیشتر گونه‌ها از شاه میگوهای دراز آب شیرین پوسیده‌خوار یا لاشه‌خوار هستند و حتی برخی جونده و شکارچی بی‌مهرگان و نوزاد حشرات هستند (Feminella et al. 1989; Alcorlo et al. 2004). این شاه میگو به دلیل هماوری بالا، سازگاری قوی، طعم لذیذ و ارزش غذایی و تزئینی بالا یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی اقتصادی در بین سخت‌پوستان است (Yi et al. 2018). شرایط بهینه نگهداری این گونه شامل دمای ۳۶-۲۶ درجه سانتی‌گراد، میزان اکسیژن محلول کمینه ۲ میلی‌گرم بر لیتر، شوری ۵-۰ میلی‌گرم بر لیتر، سختی کل ۰/۵ میلی مول و همچنین برخلاف دیگر گونه‌های شاه میگو حساسیت زیادی به تغییرات اسیدیته آب ندارد و pH های اسیدی را به مدت بیش‌تری تحمل می‌کند (Hobbs Iii et al. 1989). در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف شاه میگوی قرمز باتلاق بیش‌تر شده است و این افزایش تقاضا زمینه پرورش متراکم این گونه را فراهم ساخته است (Wu et al. 2021).

از جمله مهم‌ترین دغدغه‌های پرورش‌دهندگان بهبود عملکرد رشد و بقای آبزیان است که این پدیده به‌طور مستقیم تحت تأثیر غذای مصرفی، عوامل محیطی و داخلی آبزیان قرار می‌گیرد (Akrami et al. 2018). امروزه با توجه به توان بالقوه و قابلیت بسیار بالای ترکیبات گیاهی از نظر دارویی و درمانی، محققان آبزی‌پروری سعی بر انتخاب و استفاده از ترکیبات گیاهی و مغذی مناسب از بین آن‌ها با داشتن ویژگی قیمت ارزان و دسترسی آسان در جهت بهبود عملکرد رشد و تغذیه آبزیان دارند (Pirbalouti et al. 2011). در آبزی‌پروری یکی از روش‌های مؤثر برای کنترل بیماری‌ها، تقویت مکانیسم دستگاه دفاعی با اقدامات پیشگیرانه و تحریک دستگاه ایمنی آبزیان است (Kumar et al. 2013). گیاهان دارویی به‌دلیل مزیت‌های خاص، از جمله سهولت دسترسی، خطر کم برای محیط و عوارض جانبی بسیار کم برای جاندار همواره یکی از بهترین جایگزین‌های دارویی در برابر داروهای شیمیایی و صنعتی، مورد توجه بوده است (Najafi et al. 2019; Shamsaie et al. 2020; Ng et al. 2024).

در بین محرک‌های ایمنی، برخی گیاهان دارویی با طیف وسیعی از خصوصیات مفید و منحصربه‌فرد نسبت به داروهای شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها، از جایگاه خاصی برخوردارند (Pirbalouti et al. 2011). از جمله این منابع گیاهی شناخته شده، زنجبیل با نام علمی *Zingiber officinale* است که اغلب به عنوان گیاه دارویی و ادویه‌ای استفاده می‌شود (Kapoor, 2000). زنجبیل علیه طیف وسیعی از بیماری‌ها استفاده می‌شود (Ernst and Pittler, 2000) و این به‌دلیل داشتن خواص ضد اکسایشی (Grzanna et al. 2005)، مهارکننده باکتری‌های بیماری‌زا (Jagetia et al. 2003)، فعالیت‌های ضدقارچی (Agarwa et al. 2001)، ضدویروسی (Denyer et al. 1994) و تقویت‌کننده دستگاه ایمنی بدن در انسان‌ها و دیگر موجودات زنده (Ai et al. 2007) تائید شده است. زنجبیل حاوی مواد فوق‌العاده فعال و دارای ضد اکسایش‌های مختلف جینجرول، شوگاوول و زیگرون است (Hori et al. 2003). در باره میزان اثرگذاری ترکیباتی مثل زنجبیل بر روی شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان در گذشته مطالعات گوناگونی به‌عمل آمده است که از

جمله اثر سطوح مختلف عصاره زنجبیل را بر شاخص‌های رشد، تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی عضله و آنزیم‌های گوارشی ماهی بنی انگشت‌قد (*Mesopotamichthys sharpeyi*) بررسی کرده‌اند (Rahimi Yadkoori al. 2015). همچنین، از گیاهان دارویی زنجبیل، سیر و گزنه در سطح ۱٪ برای مطالعه عملکرد رشد فیل ماهیان جوان (*Huso huso*) استفاده شد (Nobahar et al. 2017). Apines-Amar و همکاران (۲۰۱۲) اثر افزودن زنجبیل و پیاز در سطح ۱٪ بر روی عملکرد رشد ماهی *Epinephelus fuscoguttatus* را بررسی کردند و در مطالعه دیگری، Noverian و همکاران (۲۰۲۰) اثر به‌کارگیری سطوح مختلف پودر زنجبیل در جیره غذایی میگوی بزرگ آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) را بررسی کردند.

با توجه به مطالب ذکر شده، شاه میگـوی قرمز باتلاق از گونه‌های حائز اهمیت در بین سخت‌پوستان پرورشی سودآور است. لذا، انجام این مطالعه برای سنجش تأثیر تغذیه با مقادیر مختلف پودر گیاه زنجبیل بر شاخص‌های رشد و ترکیبات شیمیایی و شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی این گونه ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

شرایط نگهداری

تمامی مراحل تغذیه در این پژوهش در پاییز ۱۴۰۱ به‌مدت ۸ هفته در کارگاه تکثیر و پرورش نیک آکوا واقع در استان گیلان، شهرستان بندرانزلی، روستای کپورچال انجام شد. به این منظور، تعداد ۱۲۰ عدد شاه میگوی قرمز باتلاق از مولدهای وارداتی مزرعه تکثیر و پرورش ماهیان زینتی دکتر عظیمی واقع در شهرستان خمام (گیلان، ایران) خریداری و در شرایط مناسب به کارگاه تکثیر و پرورش منتقل شدند. پس از انتقال، ابتدا تمامی شاه میگوها برای سازگاری با شرایط فیزیکی و شیمیایی آب، به‌مدت دو هفته در یک مخزن فایبرگلاس ۱۰۰۰ لیتری نگهداری شدند و تا ۴۸ ساعت غذادهی انجام نشد. پس از طی این مدت، شاه میگوها با میانگین وزنی ۰/۰۵ ± ۲/۸۰ گرم، به‌طور تصادفی بین ۱۲ آکواریوم به ابعاد ۱۰۰ (درازا) × ۵۰ (پهنا) × ۳۰ (ارتفاع) سانتی‌متر و عمق آبگیری ۲۵ سانتی‌متر با تراکم ۱۰ شاه میگو در هر آکواریوم توزیع شدند.

ساخت جیره‌های غذایی

در این پژوهش از جیره (مرحله رشد) میگوی وانامی با قطر ۱/۲ میلی‌متر شرکت فرادانه (شهرکرد، ایران) استفاده شد و سنجش شیمیایی آن در جدول ۱ قابل مشاهده است. برای تهیه پودر زنجبیل، از ریشه گیاه زنجبیل تازه و خام هندی استفاده شد و طی چندین مرحله پودر و همگن شد. برای تهیه جیره‌های آزمایشی، جیره تجاری توسط آسیاب به‌صورت پودری درآمد و سپس پودر زنجبیل با درصدهای مشخص (۰/۵، ۱ و ۱/۵٪ جیره پایه) به آن اضافه شد. سپس ۵۰۰ میلی‌لیتر آب به‌ازای هر کیلوگرم غذا به مخلوط حاصل اضافه شد. خمیر تولید شده به‌وسیله چرخ‌گوشت با قطر چشمه ۲-۱ میلی‌متر به رشته‌هایی تبدیل، و در نهایت، در معرض هوا خشک شد. جیره گروه شاهد نیز به همین روش اما بدون افزودن پودر زنجبیل آماده شد. پس از اتمام مرحله خشک شدن، پلت‌ها به اندازه دهان شاه میگوها خرد و الک شدند. جیره‌های آزمایشی در بسته‌بندی‌های مشخص و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان تغذیه نگهداری شدند (Akrami et al. 2013).

جدول ۱ سنجش شیمیایی جیره مرحله رشد (شرکت فرادانه، ایران)

Table 1 Proximate analysis of the commercial diet (Faradaneh Co., Iran)

Chemical composition	%
Crude protein	39-41
Crude fat	7-11
Crude fiber	2-4
Ash	8-3
Moisture	5-10

زیست‌سنجی و تعیین شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

اندازه‌گیری وزن شاه میگوها در تیمارهای مختلف در انتهای دوره به‌صورت تصادفی و توسط ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد. وزن به‌دست آمده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، نرخ بازدهی پروتئین (PER)، نرخ بازدهی چربی (LER)، افزایش وزن روزانه (ADG)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و نرخ بقا (SR) توسط معادلات زیر محاسبه شدند (Tacon et al. 1990):

(g) میانگین وزن ابتدای دوره - (g) میانگین وزن انتهای دوره = (g) میانگین افزایش وزن (WG)

(g) افزایش وزن/ (g) مقدار غذای مصرف شده = ضریب تبدیل غذایی (FCR)

۱۰۰× (طول دوره پرورش / (g) وزن ابتدای دوره Ln – (g) وزن انتهای دوره Ln) = (%/day) نرخ رشد ویژه (SGR)

(g) مقدار کل پروتئین مصرف شده / (g) میانگین افزایش وزن = (g) نرخ بازده پروتئین (PER)

۱۰۰ × (تعداد شاه میگوها در ابتدای دوره / تعداد میگوها در انتهای دوره) = (٪) بقا (SR)

۱۰۰ × (تعداد روزهای پرورش × (وزن اولیه/WG)) = (٪) افزایش وزن روزانه (ADG)

(g) مقدار کل چربی مصرف شده / (g) میانگین افزایش وزن = (g) نرخ بازده چربی (LER)

سنجش تقریبی لاشه

در انتهای دوره آزمایش، از هر مخزن تعداد ۵ عدد شاه میگو برای سنجش تقریبی لاشه جدا شد. برای این‌منظور، شاه میگوها به‌صورت کامل و هر تیمار به‌صورت مجزا چرخ شده و محتوای رطوبت طی عملیات خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان رسیدن به وزن ثابت در آون، میزان خاکستر با سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸-۶ ساعت در کوره اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین خام با استفاده از محاسبه نیتروژن (۶/۲۵ × N) و با استفاده از روش کلدال و میزان چربی خام با استخراج آن به وسیله حلال N-هگزان و با استفاده از روش سوکسله اندازه‌گیری شد (AOAC, 2005).

نمونه‌گیری از همولنف

در انتهای دوره آزمایش، نمونه‌گیری از همولنف شاه میگوهای تغذیه شده با سطوح مختلف گیاه زنجبیل در آزمایشگاه تخصصی دامپزشکی پایش سلامت ویرومد (واقع در پارک علم و فناوری استان گیلان- شهر رشت) انجام شد. در ابتدا بعد از قطع غذادهی به مدت ۲۴ ساعت و قرار گرفتن نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در تشت دارای یخ (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) برای جلوگیری از بروز استرس و کاهش تحریک شاه میگوها، از هر تکرار به طور کاملاً تصادفی ۵ عدد شاه میگو انتخاب شد. برای نمونه‌گیری همولنف از سرنگ انسولین (۱ mL) دارای سر سوزن شماره ۲۶G واجد محلول ضد انعقاد آلسور (دارای ۱۱۵ میلی مول گلوکز، ۲۷ میلی مول سیترات سدیم، ۳۳۶ میلی مول سدیم کلرید، ۹ میلی مول اتیلن دی آمین ترا استیک اسید، pH=۷/۳) به نسبت ۱:۱ برای جلوگیری از انعقاد با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای انجام این کار، نوک سوزن سرنگ مورد استفاده در ناحیه سینوس شکمی (پاهای اول و دوم شنا در کنار طناب عصبی-شکمی) با زاویه مورب ۴۵ درجه در زیر لایه قشری پوسته به آرامی فرو برده شد و از هر نمونه به میزان بیشینه همولنف حدود ۰/۴ mL (۵٪ وزن بدن) به نسبت ۱:۱ محلول آلسور جمع آوری شد. پس از آن، سرنگ نمونه‌گیری به خوبی تکان داده شد تا همولنف و محلول ضد انعقاد کاملاً با هم مخلوط شوند. سپس مخلوط همولنف و ضد انعقاد برای اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی یاخته‌ای به ریزلوله‌هایی منتقل، و تا زمان سنجش در یخچال با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Pascual et al. 2003).

بررسی شاخص‌های یاخته‌ای همولنف

تعداد هموسیت کل توسط لام هموسایتومتر (نئوبار با حجم ۰/۱ میلی‌متر مکعب) انجام شد که برای این آزمایش، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه توسط سمپلر روی لام قرار داده شد و پس از قرار گرفتن لامل (Hemocytometer

coverslip) بر روی آن در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰× عدسی شیئی (شمارش یاخته‌های موجود در ۴ مربع بزرگ در ۴ گوشه صفحه مدرج) بررسی شد (Jiang et al. 2004). برای شمارش افتراقی هموسیت‌ها، شامل یاخته‌های گرانولار، نیم گرانولار و هیالین، ابتدا برای تهیه گسترش ۰/۱mL از نمونه همولنف بر روی لام ریخته و لام دیگری با زاویه مورب ۴۵ درجه بر روی لام دارای قطره همولنف کشیده شد تا آن قطره روی لام کاملاً پخش شود. بعد از آماده کردن گسترش همولنف و خشک شدن آن‌ها، با هدف تثبیت نمونه‌ها، به‌مدت ۳۰ ثانیه نمونه درون الکل متیلیک خالص قرار گرفت. پس از آن، به‌منظور رنگ‌آمیزی از روش مای-گرانوالد گیمسا (May-Grunwald Giemsa) و رنگ گیمسا ۱۰٪ استفاده شد. بعد از شستشو با آب دوبار تقطیر، لام‌ها در دمای اتاق خشک شدند و از گسترش‌های تهیه شده به‌وسیله میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰× با توجه به اندازه و تعداد گرانول‌های سیتوپلاسم، نسبت هسته به سیتوپلاسم و همچنین رنگ‌بندی سیتوپلاسم یاخته‌ها، بررسی دقیق و محاسبه این شاخص‌ها بر اساس 10^5× یاخته در میلی‌لیتر (10^5× cell/mL) انجام شد (Xu et al. 2019).

آزمون آماری داده‌ها

برای آزمون داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. ابتدا همگنی واریانس‌ها توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov و نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Levene بررسی شد. سپس مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و سطوح معنی‌داری توسط آزمون چند دامنه Tukey در سطح ۵٪ (P<۰/۰۵) بررسی شد. برای انجام تمامی آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSS (IBM, Armonk, USA) نسخه ۲۶ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و بقا

پس از گذشت ۸ هفته از پرورش، همه شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، افزایش وزن، افزایش وزن روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، میزان بازدهی پروتئین، میزان بازدهی چربی و درصد بازماندگی شاه میگوی قرمز باتلاق تحت تأثیر تغذیه با جیره حاوی سطوح مختلف پودر گیاه زنجبیل قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری میان تیمارهای مختلف مشاهده شد (P<۰/۰۵) که نتایج آن در جدول ۲ قابل مشاهده است. بر این اساس، بیش‌ترین رشد و افزایش وزن مربوط به شاه میگوهایی بود که از جیره حاوی زنجبیل استفاده کردند. ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای زنجبیل نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری نشان داد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین درصد بقا مربوط به تیمارهای ۰/۵ و ۱٪، و کم‌ترین درصد مربوط به گروه شاهد بود. بین تیمار ۱/۵٪ و تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰۵).

جدول ۲ شاخص‌های رشد شاه میگوهای قرمز باتلاق پس از تغذیه با سطوح مختلف پودر زنجبیل (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 2 Growth performance of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) fed with different levels of ginger powder (Mean ± SE)

	Experimental treatments (% ginger powder)			
Indices	**0**	**0.5**	**1**	**1.5**
Initial BW (g)	3.15 ± 0.08	3.16 ± 0.01	3.07 ± 0.15	3.14 ± 0.06
Final BW (g)	8.83 ± 0.59^{d}	19.10 ± 1.23^{b}	22.43 ± 1.15^{a}	16.02 ± 0.52^{c}
WG (g)	5.68 ± 0.66^{c}	15.94 ± 1.24^{ab}	19.36 ± 1.29^{a}	12.88 ± 0.54^{b}
ADG (%)	10.14 ± 1.19^{c}	28.47 ± 2.22^{b}	34.57 ± 2.30^{a}	22.99 ± 0.97^{b}
SGR (%/day)	1.83 ± 0.16^{c}	3.21 ± 0.12^{ab}	3.55 ± 0.17^{a}	2.91 ± 0.08^{b}
PER	1.94 ± 0.23^{b}	3.23 ± 0.25^{a}	3.63 ± 0.26^{a}	2.93 ± 0.12^{ab}
LER	8.60 ± 1.03^{b}	14.36 ± 1.11^{a}	16.12 ± 1.17^{a}	13.00 ± 0.55^{ab}
FCR	1.33 ± 0.14^{a}	0.78 ± 0.05^{b}	0.69 ± 0.05^{b}	0.86 ± 0.04^{b}
SR (%)	30.00 ± 5.77^{c}	70.00 ± 5.77^{a}	75.00 ± 7.63^{a}	50.00 ± 5.77^{b}

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

Non-similar letters in each row indicate a statistically significant difference between experimental treatments ($p < 0.05$).

ترکیبات شیمیایی بدن

تأثیرات تغذیه با سطوح مختلف زنجبیل بر روی ترکیب شیمیایی بدن شاه میگوی قرمز باتلاق منجر به ایجاد تفاوت معناداری در میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت لاشه شاه میگوها شد (P<۰/۰۵). نتایج بررسی حاضر نشان داد که زنجبیل به‌کار رفته در تغذیه شاه میگوها می‌تواند باعث ارتقای ترکیبات مغذی لاشه شود (جدول ۳) و در این بررسی تیمارهایی که از جیره حاوی زنجبیل استفاده کرده بودند نسبت به گروه شاهد کیفیت بهتری در ترکیبات لاشه آن‌ها مشاهده شد. پروتئین لاشه در بین تیمارهای ۰/۵٪، ۱/۵٪ و گروه شاهد اختلاف آماری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج حاصل از آنالیز چربی خام لاشه نشان داد که کم‌ترین میزان چربی لاشه مربوط به تیمار ۱/۵٪ است. بین تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). از نظر خاکستر لاشه بین تیمارهای آزمایشی با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵). تیمار ۱/۵٪ دارای کم‌ترین میزان خاکستر بود. بین تیمارهای ۰/۵٪ و ۱٪ اختلاف معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان رطوبت لاشه مربوط به تیمار ۱/۵٪ بود و بین تیمارهای ۰/۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). کم‌ترین میزان رطوبت لاشه مربوط به تیمارهای ۰/۵٪ و ۱٪ بود.

جدول ۳ ترکیبات شیمیایی لاشه در شاه میگوهای قرمز باتلاق پس از تغذیه با سطوح مختلف پودر زنجبیل (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 3 Chemical composition (%) of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) fed with different levels of ginger powder (Mean ± SE)

	Experimental treatments (% ginger powder)			
Parameters	0	0.5	1	1.5
Protein	9.66 ± 0.04^{b}	9.21 ± 0.06^{b}	10.16 ± 0.40^{a}	8.94 ± 0.22^{b}
Fat	1.40 ± 0.14^{a}	1.19 ± 0.01^{a}	1.22 ± 0.01^{a}	0.85 ± 0.01^{b}
Ash	11.71 ± 0.19^{b}	14.35 ± 0.21^{a}	14.41 ± 0.08^{a}	9.31 ± 0.12^{c}
Moisture	71.09 ± 0.17^{b}	68.55 ± 0.16^{c}	68.30 ± 0.29^{c}	78.16 ± 0.39^{a}

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

Non-similar letters in each row indicate a statistically significant difference between experimental treatments (P< 0.05).

جدول ۴ شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی همولنف در شاه میگوهای قرمز باتلاق پس از تغذیه با سطوح مختلف پودر زنجبیل در جیره (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 4 Hemolymph immune parameters of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) fed with different levels of ginger powder (Mean ± SE)

	Experimental treatments (% ginger powder)			
Immune parameters	0	0.5	1	1.5
THC	16.13 ± 0.23^{c}	17.57 ± 0.12^{a}	17.93 ± 0.08^{a}	16.93 ± 0.08^{b}
GC	3.62 ± 0.04^{a}	3.52 ± 0.04^{a}	3.53 ± 0.04^{a}	3.25 ± 0.10^{b}
SGC	5.47 ± 0.12^{c}	5.98 ± 0.23^{ab}	6.38 ± 0.04^{a}	5.78 ± 0.03^{bc}
HC	7.05 ± 0.10^{b}	8.07 ± 0.08^{a}	8.02 ± 0.06^{a}	7.82 ± 0.04^{a}

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است (P<۰/۰۵).

Non-similar letters in each row indicate a statistically significant difference between experimental treatments (P< 0.05).

شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی همولنف

یافته‌های به دست آمده از بررسی شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی همولنف شاه میگوی قرمز باتلاق در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، شاخص‌های ایمنی مورد سنجش تحت تأثیر تغذیه با سطوح مختلف گیاه زنجبیل اختلاف معنی‌دار در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد نشان داد. در این آزمایش، شاخص‌های تعداد هموسیت کل (THC)، یاخته‌های گرانولار (GC)، نیمه‌گرانولار (SGC) و هم‌چنین یاخته‌های هیالین (HC) تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف زنجبیل اختلاف معنی‌دار آماری نسبت به گروه شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). تیمارهای ۰/۵٪ و ۱٪ تحت تأثیر تغذیه زنجبیل قرار گرفتند و افزایش معنی‌داری در تعداد هموسیت کل نسبت به دیگر تیمارها نشان دادند. بین تیمارهای ۰/۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵) و کم‌ترین تعداد هموسیت کل مربوط به گروه شاهد بود. کم‌ترین میزان یاخته‌های گرانولار مربوط به تیمار ۱٪/۵ بود. بین تیمارهای ۰/۵، ۱٪ و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان یاخته‌های نیمه‌گرانولا مربوط به تیمار ۱٪ و کم‌ترین میزان یاخته‌های نیمه‌گرانولار مربوط به گروه شاهد بود. بین تیمار ۰/۵ و ۱٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). هم‌چنین بین تیمارهای ۱/۵درصد و گروه شاهد اختلاف وجود نداشت (P>۰/۰۵). یاخته‌های هیالین تحت تأثیر تغذیه با سطوح مختلف گیاه زنجبیل افزایش معنی‌داری در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد داشتند (P<۰/۰۵). بین تیمارهای تغذیه شده با گیاه زنجبیل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵) و کم‌ترین میزان یاخته‌های هیالین مربوط به گروه شاهد بود.

بحث

عملکرد رشد و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه

با وجود خاصیت دارویی و ایمنی‌زایی مطلوب استفاده از گیاهان دارویی در جیره سخت‌پوستان، تا به امروز در مورد استفاده از زنجبیل در پرورش سخت‌پوستان از جمله شاه میگوهای دراز آب شیرین اطلاعات چندانی وجود ندارد. آزمایش حاضر نشان داد که افزودن پودر زنجبیل به جیره پایه شاه میگوها باعث افزایش معنی‌دار عملکرد رشد و دیگر شاخص‌های آن در جیره غذایی شاه میگو می‌شود، اما بهترین عملکرد از نظر شاخص‌های رشد و بقا، ترکیبات شیمیایی لاشه و ایمنی‌زایی در تیمار ۱٪ زنجبیل مشاهده شد. Noverian و همکاران (۲۰۲۰)، در یک آزمایش اثر به‌کارگیری سطوح مختلف پودر زنجبیل در جیره غذایی شاه میگوی بزرگ آب شیرین را بررسی و گزارش کردند که جیره حاوی ۳٪ زنجبیل باعث افزایش رشد، کاهش ضریب تبدیل غذایی و بازدهی پروتئین می‌شود. همچنین تیمار ۳٪ زنجبیل در جیره بیش‌ترین مقاومت را نسبت به تنش-های محیطی نشان داد. Chang و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزودن زینجرون با سطوح ۱، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره غذایی میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) افزایش معنی‌داری از لحاظ شاخص‌های رشد نسبت به گروه شاهد داشته است و دریافتند که این ماده می‌تواند میزان شاخص‌های رشد را در این میگو افزایش دهد. در تحقیق Abbasi و همکاران (۲۰۱۸) روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) جوان، مشخص شد که افزودن پودر زنجبیل در جیره کپور ماهیان جوان به‌علت افزایش فعالیت مسواکی دیواره روده، تسهیل بلع و هضم غذای مصرفی می‌تواند نقش فزاینده‌ای در رشد کپور ماهیان جوان در کوتاه‌ترین زمان مطالعه و حفظ بقای ۱۰۰٪ آن‌ها را در پی داشته باشد. پلی‌ساکارید استحصالی از زنجبیل نیز باعث بهبود عملکرد رشد، خاصیت ضد اکسایشی، مقاومت باکتریایی و افزایش ایمنی کپور طلایی (*Carassius auratus*) شده است (Luo et al. 2024). همچنین در تحقیقی دیگر با افزودن سطوح ۱/۵ و ۳٪ پودر گیاه زنجبیل، و ۲ و ۴٪ علف پنجه مرغی (*Cynodon dactylon*) به جیره غذایی شاه میگوی دراز آب شیرین، مطلوب‌ترین شاخص‌های رشد از لحاظ افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد مشاهده شد (El-Desouky et al. 2012). شاخص‌های افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی پودر زنجبیل در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان، باعث اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد شد (Nya and Austin, 2011). از جمله ترکیبات فعال زنجبیل شامل جینجرول، شاگوول، هرادول، زینجرول است (Chang et al. 2012) که باعث تحریک اشتها و ترشح آنزیم‌های گوارشی در آبزیان و در نتیجه، بهبود فرآیند هضم می‌شود (Grzanna et al. 2005). زنجبیل با تحریک ترشحات صفرا از کبد و

آنزیم‌های لوزالمعده باعث هضم سریع مواد غذایی شده و به متعادل کردن جمعیت باکتری‌های روده کمک می‌کند (Platel and Srinivasan, 2004). هم‌چنین، ریشه زنجبیل حاوی سطوح بالایی از آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک گیاهی است که منجر به بهبود هضم پروتئین و لیپید جیره غذایی می‌شود (Venkatramalingam et al. 2007). جینجرول زنجبیل اثر مثبت در آنزیم‌های کبدی و فلور باکتریایی روده دارد (Ali et al. 2008). ترکیبات گیاهی مختلف موجود در زنجبیل باعث افزایش شاخص کبدی می‌شود که این افزایش باعث بالا رفتن میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی و کبدی-لوزالمعدی، و در نتیجه، باعث هضم و جذب غذا و ذخیره انرژی کبدی می‌شود (Platel and Srinivasan, 2004). در مطالعه حاضر، کاهش ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد احتمالاً به‌علت ترکیبات فعال زنجبیل است که منجر به پایداری فلور باکتریایی روده و بهبود ضریب تبدیل غذایی و در نتیجه، باعث افزایش هضم‌پذیری جیره می‌شوند (Fakhim et al. 2013). ضریب بازده پروتئین، شاخص ارزیابی کمیت و کیفیت پروتئین جیره غذایی است و این شاخص نشان دهنده ارزیابی استفاده از پروتئین و ایجاد تعادل بین سوخت و ساز پروتئین است که به دریافت پروتئین جیره غذایی و تبدیل آن به مولکول‌های پروتئینی در بدن مربوط می‌شود (Abdel-Tawwab et al. 2008). در این مطالعه، بیش‌ترین عملکرد رشد در شاه میگوهای تغذیه شده با سطح ۱٪ عصاره زنجبیل مشاهده شد. لذا احتمال می‌رود این سطح از زنجبیل در جیره به‌عنوان عامل اشتها آور و محرک آنزیم‌های گوارشی عمل کرده است. بنابراین، قابلیت هضم جیره افزایش یافته و منجر به افزایش رشد شاه میگوها شده است. هم‌چنین، Talpur و همکاران (۲۰۱۳) در ماهی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) تأثیرات مثبت پودر زنجبیل را بر عملکرد رشد گزارش کردند.

ترکیبات بیوشیمیایی بدن آبزیان تحت تأثیر چندین عامل از جمله تفاوت در سن، جنس، شرایط محیطی، فصول مختلف سال، ترکیبات جیره غذایی، درصد و مقدار غذادهی قرار می‌گیرند (Cowey and Cho, 1993). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مواد مغذی و محرک ایمنی موجود در زنجبیل با تقویت دستگاه ایمنی زمینه را برای افزایش آمادگی بدن شاه میگوها در برابر تغییرات عوامل محیطی و استرس مهیا کرده و این آمادگی، سبب بهبود هضم و جذب غذا و در نهایت، بهبود فراسنجه‌های بیوشیمیایی لاشه در مقایسه با گروه شاهد شده است. طبق نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر، در تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ پودر زنجبیل کم‌ترین میزان رطوبت نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد و بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به تیمار ۱/۵٪ بوده است. هم‌چنین کم‌ترین میزان چربی در تیمار ۱/۵٪ مشاهده شد. میزان چربی لاشه در بین تیمار-های ۰/۵٪ و ۱٪ نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. رابطه بین رطوبت و چربی موجود در بدن ثابت شده است، به‌طوری‌که افزایش چربی باعث کاهش رطوبت بدن می‌شود (Wang and Wang, 2005)، زیرا چربی-های کاتابولیزه شده با حجم برابری از آب جایگزین می‌شوند (Wilson, 2003). افزایش مقدار چربی لاشه با افزایش سطوح پودر زنجبیل را احتمالاً می‌توان ناشی از تحریک زنجبیل بر روی ساخت نمک‌های صفراوی در کبد و ترشح آن به کیسه صفرا و روده دانست (Zhang et al. 2009) که باعث افزایش فعالیت لیپاز روده‌ای می‌شود و در نهایت، بالا رفتن قابلیت هضم و جذب لیپیدها را به همراه دارد (Srinivasan, 2005). کم‌ترین میزان خاکستر به ترتیب در گروه شاهد و تیمار ۱/۵٪ مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که وجود مواد معدنی در زنجبیل شامل کلسیم، منیزیم و فسفر نقش مهمی در شکل‌گیری استخوان دارد (Meyer et al. 1995). Rahimi Yadkoori و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که استفاده از سطوح مختلف ۰/۱، ۰/۵ و ۱٪ عصاره زنجبیل در جیره تأثیری در میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت لاشه ماهی بنی ندارد. با وجود این، بیش‌ترین میزان پروتئین و چربی لاشه به ترتیب در تیمار ۰/۱ و ۰/۵٪ عصاره زنجبیل مشاهده شد. هم‌چنین، در مطالعه Soltanian و همکاران (۲۰۲۰) سطوح مختلف ۰/۵ و ۱٪ عصاره زنجبیل بر ترکیبات مغذی بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی و مشاهده شد که در ترکیبات مغذی بدن شامل پروتئین، چربی، خاکستر و ماده خشک تفاوت معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارهای آزمایشی وجود ندارد. با وجود این، بیش‌ترین میزان پروتئین و چربی لاشه به‌ترتیب در گروه شاهد و تیمار ۰/۵٪ عصاره زنجبیل مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر با افزودن ۰/۵٪ عصاره هیدروالکلی زنجبیل به جیره‌ی فیل ماهی جوان پرورشی، پروتئین لاشه به طور معنی‌دار نسبت به دیگر

تیمارها افزایش یافت (Safari and Akrami, 2017)، همچنین، در میزان چربی و خاکستر لاشه تفاوت معنی‌داری بین ماهیان جوان مشاهده نشد که نتایج این تحقیق به‌صورت نسبی با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در همسویی با تحقیق حاضر، در تحقیق دیگر با افزودن سطوح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ گرم عصاره زنجبیل به جیره غذایی ماهی کفال اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های بیوشیمیایی لاشه مشاهده شد (Akbary and Negahdari Jafarbeigi, 2016). در بررسی دیگر، Abbasi Ghadikolaei و همکاران (۲۰۱۸) با افزودن سطوح مختلف عصاره زنجبیل به جیره غذایی ماهی کپور معمولی، اختلاف معنی‌دار در ترکیبات بیوشیمیایی لاشه مشاهده نکردند که با تحقیق حاضر ناهمسویی دارد. در مغایرت با مطالعه حاضر، طی بررسی که توسط Soltanian و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، با افزودن سطوح مختلف عصاره زنجبیل به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، اختلاف معنی‌دار در ترکیبات بیوشیمیایی لاشه از جمله پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که عوامل مختلفی مانند گونه پرورشی، روش فرآوری زنجبیل به صورت عصاره یا پودر، میزان افزودن عصاره یا پودر زنجبیل، مدت زمان آزمایش و همچنین، مرحله زیستی آبزی ممکن است در تفاوت نتایج این مطالعه با پژوهش‌های یاد شده مؤثر باشند.

شاخص‌های ایمنی

تعداد هموسیت‌ها در گونه‌های مختلف سخت‌پوستان با توجه به خصوصیات فردی موجود، نحوه تغذیه و شرایط مختلفی که در آن قرار دارند، متفاوت خواهند بود. مقدار کل هموسیت‌ها یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی وضعیت سلامتی سخت‌پوستان است (Cheng and Chen, 2001). نتایج حاصل از تأثیر پودر زنجبیل روی شاخص‌های ایمنی همولنف شاه میگوها نشان داد که تفاوت معنی‌دار در شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی همولنف بین تیمارهای زنجبیل با گروه شاهد وجود دارد. بیش‌ترین افزایش ایمنی همولنف در تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ مشاهده شد. افزایش شاخص‌های ایمنی همولنف در این تیمارها نشانگر تأثیر تحریک ایمنی و خواص ضدعفونی زنجبیل است. ترکیبات زیست‌فعال موجود در زنجبیل شامل آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، پلی‌فنول‌ها، استروئیدها، تانن، فیبر، کربوهیدرات، ویتامین‌ها، کاروتنوئیدها و مواد معدنی به واسطه فعال‌سازی دستگاه ایمنی به‌طور مستقیم بر سلامت آبزیان تأثیر می‌گذارد (Otunola et al. 2010; Prakash, 2010). Rohani و Haghighi (۲۰۱۳) با افزودن پودر گیاه زنجبیل در سطح ۱٪ افزایش معنی‌داری را در تعداد گلبول‌های سفید، قرمز و هماتوکریت در مقایسه با گروه شاهد گزارش کردند. همچنین Talpur و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در ماهی باس آسیایی تغذیه شده با پودر گیاه زنجبیل به‌خصوص در سطح ۱٪ مقادیر فراسنجه‌های خونی در قبل و بعد از مقابله با ویروس ویبریو هاروی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌دار داشت. مطالعات متعدد نشان داد که گرچه استفاده از افزودنی‌های گیاهی تأثیرات مثبتی بر بسیاری از شاخص‌ها دارند، ولی استفاده از آن‌ها در جیره وابسته به دوز است، به‌طوری‌که مقادیر بیش‌تر یا کم‌تر از حد مجاز ممکن است بدون اثر باشد، یا اثر مهارکنندگی داشته باشد (Awad et al. 2013). براساس نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، تعداد هموسیت کل در تیمارهای ۰/۵ و ۱٪ پودر زنجبیل افزایش معنی‌دار نسبت به تیمار ۱/۵٪ و گروه شاهد داشتند. دلیل احتمالی افزایش هموسیت کل در این تیمارها این است که عمل تعدیل‌کنندگی زنجبیل به‌عنوان محرک ایمنی به ترکیبات زیست‌فعال آن یعنی جینجرول مربوط می‌شود که افزایش ترشح و فعالیت آنزیم لایزوزیم را به همراه دارد. از طرفی، زنجبیل به‌دلیل خواص ضد اکسایشی بالقوه‌اش به‌عنوان تضعیف‌کننده و نابودکننده رادیکال سوپراکسید و به‌عنوان یک مکانیسم حفاظتی احتمالی در مقابل مسمومیت خودبه‌خودی در نظر گرفته شده است (Gabor et al. 2012).

Dugensi و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر عصاره آبی چند گیاه دارویی شامل عصاره داروواش (*Viscum album*)، گزنه (*Uritica dioica*) و زنجبیل در سطح ۰/۱٪ و ۱٪ به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به این نتیجه رسیدند که عصاره این گیاهان منجر به تحریک صفات ایمنی مانند بیگانه خواری، فعالیت‌های تنفس بین یاخته‌ای و درون یاخته‌ای می‌شود، به‌طوری‌که در تیمار ۱٪ عصاره آبی زنجبیل افزایش معنی‌دار در شاخص‌های ایمنی در مقایسه با دیگر تیمارها و گروه شاهد مشاهده شد (Dügenci et al. 2003). Rohani و Haghighi در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند که افزودن پودر زنجبیل در سطح

٪۱ باعث تحریک و افزایش معنی‌دار فعالیت لایزوزیم و انفجار تنفسی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود. هم‌چنین Talpur و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در ماهی باس آسیایی تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گیاه زنجبیل، مقادیر شاخص‌های ایمنی شامل فعالیت بیگانه‌خواری، انفجار تنفسی، فعالیت لایزوزیم، فعالیت باکتری‌کشی و آنتی‌پروتئاز در قبل و بعد از مقابله با باکتری ویبریو هاروی به‌خصوص در سطح ۱٪ افزایش معنی‌دار داشت. همچنین در مطالعه حاضر نیز روند مشابهی در تیمار ۱٪ پودر زنجبیل به‌دست آمد. مطالعات مختلف نشان داد که عصاره‌های گیاهی می‌توانند اثر مثبتی روی هموسیت کل در سخت‌پوستان و گلبول‌های سفید در ماهی‌ها داشته باشند. برای مثال، افزودن ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره جلبک *Sargassum glaucescens* موجب افزایش هموسیت کل و بیگانه خواری در میگوهای سفید هندی شد (Ghaednia et al. 2012).

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر برای بررسی تأثیر سطوح مختلف پودر گیاه زنجبیل بر شاخص‌های رشد، بقا، ترکیبات شیمیایی بدن و شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی در شاه میگوی قرمز باتلاق انجام شد. بر اساس نتایج این مطالعه، شاه میگوهای تغذیه شده با سطوح مختلف زنجبیل از نظر شاخص‌های رشد و بقا بهترین عملکرد را نشان دادند و مناسب‌ترین عملکرد رشد و بقا به ترتیب مربوط به تیمارهای تغذیه شده با ۱ و ۰/۵٪ پودر زنجبیل بود. از نظر ترکیبات شیمیایی بدن شاه میگوهای تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گیاه زنجبیل اختلاف معنی‌داری در برخی از شاخص‌ها مشاهده شد. بیش‌ترین میزان پروتئین لاشه مربوط به تیمار تغذیه شده با ۱٪ پودر زنجبیل بود. بررسی شاخص‌های ایمنی غیراختصاصی نشان داد که تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف پودر گیاه زنجبیل از نظر ایمنی‌زایی عملکرد بهتری نسبت به گروه شاهد دارند، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان هموسیت کل به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱ و ۰/۵٪ پودر زنجبیل بود. بنابراین، استفاده از عصاره زنجبیل در سطح ۱٪ جیره در مزارع پرورش شاه میگوی قرمز باتلاق از نظر جنبه‌های تولیدی و اقتصادی تأثیر مثبت در تحریک ایمنی این گونه خواهد داشت و با توجه به‌دلایل مختلف از جمله عدم مشاهده تأثیر سوء بر سلامتی شاه میگوی قرمز باتلاق در طی مصرف، سهولت مصرف، هزینه‌های پایین تهیه و امکان تولید داخلی کاملاً عملی و قابل توصیه است. اگرچه ایجاد یک روش استاندارد شده از جمله روش‌های استخراج مبتنی بر مولکول‌های زیست‌فعال موجود، غلظت مناسب مصرف زنجبیل به صورت پودر یا عصاره و روش تجویز مناسب، در آینده مورد نیاز است.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه گیلان برای تأمین منابع مالی و امکانات انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abbasi Ghadikolaei, H., Kamali, A., Soltani, M., Sharifian, M. 2018. Study on *Zingiber officinale* powder activities in some growth indices of *Cyprinus carpio*. Journal of Aquaculture Development 12: 45-54. (In Persian).

Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Seden, M.E., 2008. The effect of feeding various dietary protein levels during growing on growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Proceedings. 12-14 October Cairo, Egypt.

Agarwal, M., Walia, S., Dhingra, S., Khambay, B.P. 2001. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes. Pest Management Science 57: 289-300. doi: 10.1002/ps.263.

Ai, Q., Mai, K., Zhang, L., Tan, B., Zhang, W., Xu, W., Li, H. 2007. Effects of dietary β-1, 3 glucan on innate immune response of Large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Fish & Shellfish Immunology 22: 394-402. doi: 10.1016/j.fsi.2006.06.011.

Akbary, P., Negahdari Jafarbeigi, Y. 2016. Effect of different levels of bioherbal feed supplement (contains *Foeniculum vulgare* and *Zingiber officinale* powder) on growth, feed and carcass composition in *Mugil cephalus*. Veterinary Research & Biological Products 29: 10-18. doi: 10.22034/vj.2016.106292. (In Persian).

Akrami, R., Ahmadi, Z., Shamloo, M., Ahaabibi Nodeh, F., Sadeghi Asl, F., Zarrini, N., Chitsaz, H. 2018. Effect of feed supplemented with Ginger (*Zingiber officinale*) extract on the growth, biochemical and hemato-immunological parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Veterinary Research 73: 155-163. doi: 10.22059/jvr.2018.129805.2337. (In Persian).

Akrami, R., Iri, Y., Rostami, H.K., Razeghi Mansour, M. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology 35: 1235-1239. doi: 10.1016/j.fsi.2013.07.039.

Alcorlo, P., Geiger, W., Otero, M. 2004. Feeding preferences and food selection of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in habitats differing in food item diversity. Crustaceana 77: 435-453. doi: 10.1163/1568540041643283.

Ali, B.H., Blunden, G., Tanira, M.O., Nemmar, A. 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review of recent research. Food and Chemical Toxicology 46: 409-420. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.085.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. The Association of Official Analytical Chemists, AOAC International, USA.

Apines-Amar, M.J.S., Amar, E.C., Faisan Jr, J.P., Pakingking Jr, R.V., Satoh, S. 2012. Dietary onion and ginger enhance growth, hemato-immunological responses, and disease resistance in Brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus*. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation 5: 231-239.

Awad, E., Austin, D., Lyndon, A.R. 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (Quercetin) on enhancement of immunity in Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture 388: 193-197. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.01.008.

Bahmani, B., Zariffard, A., Khodadadi, M., Mahmoudi, N., Ojeefard, A. 2011. Effects of dietary nucleotides levels on whole body composition of Orange spotted grouper (*Epinephelus coioides*). Iranian Scientific Fisheries Journal 19: 11-20. doi: 10.22092/ISFJ.2017.109956. (In Persian).

Chang, Y.P., Liu, C.H., Wu, C.C., Chiang, C.M., Lian, J.L., Hsieh, S.L. 2012. Dietary administration of zinger one to enhance growth, non-specific immune response, and resistance to *Vibrio alginolyticus* in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. Fish & Shellfish Immunology 32: 284-290. doi: 10.1016/j.fsi.2011.11.017.

Cheng, W., Chen, J.C. 2001. Effects of intrinsic and extrinsic factors on the haemocyte profile of the prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Fish & Shellfish Immunology 11: 53-63. doi: 10.1006/fsim.2000.0293.

Cowey, C.B., Cho, C.Y. 1993. Nutritional requirements of fish. Proceedings of the Nutrition Society 52: 417-426.

Denyer, C.V., Jackson, P., Loakes, D.M., Ellis, M.R., Young, D.A. 1994. Isolation of antirhinoviral sesquiterpenes from Ginger (*Zingiber officinale*). Journal of Natural Products:

57: 658-662. doi: 10.1021/np50107a017.

Dügenci, S.K., Arda, N., Candan, A. 2003. Some medicinal plants as immunostimulant for fish. Journal of Ethnopharmacology 88: 99-106. doi: 10.1016/S0378-8741(03)00182-X.

El-Desouky, H., El-Asely, A., Shaheen, A., Abbass, A. 2012. Effects of *Zingiber officinalis* and *Cyanodon dactylon* on the growth performance and immune parameters of *Macrobrachium rosenbergii*. World Journal of Fish and Marine Sciences 4: 301-307. doi: 10.5829/idosi.wjfms.2012.04.03.62120.

Ernst, E., Pittler, M. 2000. Efficacy of ginger for nausea and vomiting: a systematic review of randomized clinical trials. British Journal of Anaesthesia 84: 367-371. doi: 10.1093/oxfordjournals.bja.a013442.

Fakhim, R., Ebrahimnezhad, Y., Seyedabadi, H.R., Vahdatpour, T. 2013. Effect of different concentrations of aqueous extract of Ginger (*Zingiber officinale*) on performance and carcass characteristics of male broiler chickens in wheat-soybean meal based diets. Journal of BioScience and Biotechnology 2: 95-99.

Feminella, J.W., Power, M.E., Resh, V.H. 1989. Periphyton responses to invertebrate grazing and riparian canopy in three northern California coastal streams. Freshwater Biology 22: 445-457. doi: 10.1111/j.1365-2427.1989.tb01117.x.

Gabor, E. F., Ichim, O., Şuteu, M. 2012. Phyto-additives in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nutrition. Biharean Biologist 6: 134-139.

Ghaednia, B., Mirbakhsh, M., Yeganeh, V., Mehrabi, M. 2012. Effect of hot water extraction of *Sargassum glaucescens* algae in prevention of White spot disease in *Fenneropenaeus indicus*. Veterinary Research & Biological Products 25: 1-10. doi: 10.22092/VJ.2012.101073.

Grzanna, R., Lindmark, L., Frondoza, C.G. 2005. Ginger-an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions. Journal of Medicinal Food 8: 125-132. doi: 10.1089/jmf.2005.8.1.

Gutiérrez-Yurrita, P.J., Montes, C. 1999. Bioenergetics and phenology of reproduction of the introduced red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in Donana National Park, Spain, and implications for species management. Freshwater Biology 42: 561-574. doi: 10.1046/j.1365-2427.1999.00484.x.

Haghighi, M., Rohani, M.S. 2013. The effects of powdered ginger (*Zingiber officinale*) on the haematological and immunological parameters of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Medicinal Plant and Herbal Therapy Research 1: 8-12.

Henttonen, P., Huner, J.V. 2017. The Introduction of Alien Species of Crayfish in Europe: A Historical Introduction. In: Gherardi, F., Holdich, D.H. 1999. Crayfish in Europe as Alien Species, CRC Press, 310P. Routledge publishing, 13-22.

Hobbs Iii, H., Jass, J.P., Huner, J.V. 1989. A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). Crustaceana 56: 299-316.

Hori, Y., Miura, T., Hirai, Y., Fukumura, M., Nemoto, Y., Toriizuka, K., Ida, Y. 2003. Pharmacognostic studies on ginger and related drugs-part 1: five sulfonated compounds from Zingiberis rhizome (Shokyo). Phytochemistry 62: 613-617.

Jagetia, G.C., Baliga, M.S., Venkatesh, P., Ulloor, J.N. 2003. Influence of ginger rhizome (*Zingiber officinale* Rosc) on survival, glutathione and lipid peroxidation in mice after whole-body exposure to gamma radiation. Radiation Research 165: 584-592. doi: 10.1667/RR3057

Jiang, G., Yu, R., Zhou, M. 2004. Modulatory effects of ammonia-N on

the immune system of *Penaeus japonicus* to virulence of white spot syndrome virus. Aquaculture 24: 61-75. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.020.

Kapoor, L. 2000. Handbook of Ayurvedic medicinal plants: Herbal reference library. CRC Press, New York, 424 p.

Khoshkholgh, M. Nazari, S. 2019. The genetic diversity and differentiation of Narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) (Decapoda: Astacidea: Astacidae) in the Caspian Sea basin, Iran as determined with mitochondrial and microsatellite DNA markers. Journal of Crustacean Biology 39: 112-120. doi: 10.1093/jcbiol/ruy113.

Khoshkholgh, M. Nazari, S. 2020. Characterization of single nucleotide polymorphism markers for the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) based on RAD sequencing. Conservation Genetics Resources 12: 549-553. doi: 10.1007/s12686-020-01154-8.

Kumar, P.N.J., Sangeetham, J., Reddy, M.H., Sreemanthula, S. 2013. Effect of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus rhamnosus* incorporated probiotic diet on growth pattern and enzymes in *Penaeus vannamei*. International Journal of Life Science & Pharma Research 3: L-06-L-11.

Luo, L., Meng, X., Wang, S., Zhang, R., Guo, K., Zhao, Z. 2024. Effects of dietary ginger (*Zingiber officinale*) polysaccharide on the growth, antioxidant, immunity response, intestinal microbiota, and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* in crucian carp (*Carassius auratus*). International Journal of Biological Macromolecules, 275: 133711. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.133711

Meyer, K., Schwartz, J., Crater, D., Keyes, B. 1995. *Zingiber officinale* (ginger) used to prevent 8-Mop associated nausea. Dermatology Nursing 7: 242-244.

Najafi, Z., Ouraji, H., Yeganeh, S., Keramat, A. 2019. The effect of alfalfa (*Medicago sativa*) alcoholic extract on growth performance, feed intake, body composition and blood biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Scientific Fisheries Journal 27:1-9. doi: 10.22092/ISFJ. 2018.1022092. (In Persian).

Nazari, S., Khoshkholgh, M., Baeza, J.A., 2022. Comparative transcriptome sequencing analysis of the Narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) and discovery of candidate sex-related genes. Aquaculture Reports 25: 101235. doi: 10.1016/j.aqrep.2022.101235.

Ng, J.J.Y., Yusoff, N.A.H., Elias, N.A., Norhan, N.A.S., Harun, N.A., Abdullah, F., Ishak, A.N., Hassan, M. 2024. Phytotherapy use for disease control in aquaculture: a review of the last 5 years. Aquaculture International 32: 2687-2712. doi: 10.1007/s10499-023-01292-4.

Nobahar, Z., Gholipour, H., Jafarian, H., Kakolki, S., Maleknezhad, R. 2017. Effect of herb garlic, ginger and nettle on growth functions of juvenile *Huso huso*. Breeding and Aquaculture Sciences Journal 1: 79-88. (In Persian).

Noverian, H., Molodi Siahmazgi, S.M., Shirvani, A. 2020. The effect of Ginger (*Zingiber official*) powder on growth indices, body chemical composition and environmental shocking in Giant fresh water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Fisheries 73: 341-350. doi: 10.22059/jfisheries.2020. 305769.1182. (In Persian).

Nya, E.J., Austin, B. 2011. Dietary modulation of digestive enzymes by the administration of feed additives to Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. Aquaculture Nutrition 17: e459-e466. doi: 10.1111/j.1365-2095.2010.00782.x.

Otunola, G.A., Oloyede, O.B., Oladiji, A.T., Afolayan, A.J. 2010. Comparative

analysis of the chemical composition of three spices–*Allium sativum* L. *Zingiber officinale* Rosc. and *Capsicum frutescens* L. commonly consumed in Nigeria. African Journal of Biotechnology 9: 6927-6931. doi: 10.5897/AJB10.183.

Pascual, C., Gaxiola, G., Rosas, C. 2003. Blood metabolites and hemocyanin of the White shrimp, *Litopenaeus vannamei*: the effect of culture conditions and a comparison with other crustacean species. Marine Biology 142: 737-745. DOI: 10.1007/s00227-002-0995-2.

Pirbalouti, A.G., Pirali, E., Pishkar, G., Reyesi, M., Dehkordi, M.J. Hamedi, B., 2011. The essential oils of some medicinal plants on the immune system and growth of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Herbal Drugs 2: e149-e155. (In Persian).

Platel, K., Srinivasan, K. 2004. Digestive stimulant action of spices: a myth or reality?. Indian Journal of Medical Research 119: 167-179.

Prakash, J. 2010. Chemical composition and antioxidant properties of Ginger root (*Zingiber officinale*). Journal of Medicinal Plants Research 4: 2674-2679.

Rahimi Yadkoori, N., Zanguee, N., Mousavi, S. M., Zakeri, M., 2015. Effects of different levels of Ginger extract on growth performance, nutrition and body biochemical composition of *Mesopotamicthys sharpeyi* fingerlings. Fisheries 68: 397-407. doi: 10.22059/JFISHERIES.2015.56119. (In Persian).

Safari, S., Akrami, R. 2017. A survey on biochemical carcass composition of juvenile Giant sturgeon (*Huso huso*), enriched fed with different levels of Ginger (*Zingiber officinale*) extract. Journal of Breeding and Aquaculture Sciences 3: 75-82. (In Persian).

Shamsaie Mehrjan, M., Hosseini Shekarabi, S.P., Mahjob Zardest, M., Mohammadi, N. 2020. Effect of dietary supplementation of Red chili pepper (*Capsicum annuum*) powder on growth parameters, survival rate, hematological indices and some immunity responses of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. Iranian Scientific Fisheries Journal 29: 131-140. doi: 10.22092/ISFJ.2019.120988. (In Persian).

Sirajudheen, T.K., Salim, S.S., Bijukumar, A. Antony, B. 2014. Problems and prospects of marine ornamental fish trade in Kerala, India. Journal of Fisheries Economics and Development 15: 14-30.

Soltanian, M., Faghani Langrodi, H., Mohammad Nejad, M. 2020. The effect of *Zingiber officinale* extract on growth factors, survival and carcass composition in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Animal Environment 12: 327-334. doi: 10.22034/aej.2020.129706. (In Persian).

Srinivasan, K. 2005. Spices as influencers of body metabolism: an overview of three decades of research. Food Research International 38: 77-86. doi: 10.1016/j.foodres.2004.09.001.

Tacon, A., Rausin, N., Kadari, M., Cornelis, P. 1990. The food and feeding of marine finfish in floating net cages at the National Seafarming Development Centre, Lampung, Indonesia: Rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Aquaculture Research 21: 375-390. doi: 10.1111/j.1365-2109.1990.tb00476.x

Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M., Bolong, A.M.A. 2013. Nutritional effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on immune response of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch) and disease resistance against *Vibrio harveyi*. Aquaculture 400: 46-52. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.02.043

Venkatramalingam, K., Christopher, J.G., and Citarasu, T. 2007. *Zingiber officinalis* an herbal appetizer in the Tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius) larviculture. Aquaculture Nutrition 13: 439-443. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00495.x

Wang, W., Wang, Z. 2005. Studies of commonly used traditional medicine-ginger. Chinese Materia Medica 30: 1569-1573.

Wilson, R.P. 2003. Amino Acids and Proteins. In: Hardy, R.W., Kaushik, S.J. Fish Nutrition. Academic Press, 143-179.

Wu, Z., Zhang, Q., Zhang, T., Chen, J., Wang, S., Hao, J., Lin, Y., Li, A. 2021. Association of the microbiota dysbiosis in the hepatopancreas of farmed Crayfish (*Procambarus clarkii*) with disease outbreaks. Aquaculture 536. 736492. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.736492.

Xu, Z., Guan, W., Xie, D., Lu, W., Ren, X., Yuan, J., Mao, L. 2019. Evaluation of immunological response in shrimp *Penaeus vannamei* submitted to low temperature and air exposure. Developmental & Comparative Immunology 100: 103413. doi: 10.1016/j.dci.2019.103413.

Yi, S., Li, Y., Shi, L., Zhang, L., Li, Q., Chen, J. 2018. Characterization of Population Genetic Structure of Red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in China. Scientific Reports, 8: 5586. doi: 10.1038/s41598-018-23986-z.

Zhang, G., Yang, Z., Wang, Y., Yang, W., Jiang, S., Gai, G. 2009. Effects of Ginger root (*Zingiber officinale*) processed to different particle sizes on growth performance, antioxidant status, and serum metabolites of broiler chickens. Poultry Science 88: 2159-2166. doi: 10.3382/ps.2009-00165.