



Original Research Paper

The effects of the prebiotic supplement inulin on improving growth, digestive, hematological and immune indices in juvenile Pacific whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Younes Abdollahzadeh ^{*1}, Mojtaba Pouladi ², Soghra Mehravar ¹

¹ Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

² Directorate General of Fisheries, Iranian Fisheries Organization, Bushehr, Iran

Key Words

Prebiotic
Shrimp
Inulin
Hematology
Immunity

Abstract

Introduction: This study aimed to investigate the effects of the prebiotic supplement inulin on growth, digestive, hematological, and immune indices in juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).

Materials & Methods: In this experiment, 25 shrimp with an average weight of 4.88 ± 0.03 g were randomly distributed in 12 polyethylene tanks (300 liters, 25 shrimp per tank) with aeration, and fed a commercial diet for 14 days. Different levels of inulin extracted from the root of chicory were added to the commercial diet. After the culture period, five shrimp from each tank were randomly selected for biochemical analysis.

Results: The results showed that the treatment containing 2% inulin resulted in a higher weight gain compared to other treatments. Also, the highest specific growth rate and the lowest food conversion rate were observed in the treatment containing 2% inulin. Regarding hematological indices, the values of total hemocyte count and semi-granular cell count were significantly different in treatments containing 0.5% and 1% inulin compared to the control, but no significant difference was observed in the treatment containing 2% inulin. In terms of immune indices, the values of lysozyme and phenoloxidase enzymes were higher in treatments containing 1% and 2% inulin. Based on the results, the use of inulin as a probiotic can be effective in improving growth, hematological, and immune indices in Pacific white shrimp.

Conclusion: Based on the results obtained, the treatment containing 2% inulin had the best performance compared to other treatments and can be considered as the best treatment for feeding Pacific white shrimp using inulin as a prebiotic.

* Corresponding Author's email: abdollahzadeh1@ut.ac.ir

Received: 27 March 2023; Reviewed: 30 April 2023; Revised: 3 July 2023; Accepted: 4 August 2023

(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.1.14

مقاله پژوهشی

اثرات مکمل غذایی پری بیوتیک اینولین بر بهبود شاخص‌های رشد، گوارشی، هماتولوژی و ایمنی در میگوهای جوان پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*)

یونس عبدالله زاده^{*}، مجتبی پولادی^۱، صغری مهوراوری^۲

^۱ گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
^۲ اداره کل شیلات، سازمان شیلات ایران، بوشهر، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

مقدمه: این مطالعه با هدف بررسی اثرات مکمل غذایی پری بیوتیک اینولین بر شاخص‌های رشد، گوارشی، هماتولوژی و ایمنی در میگوهای جوان پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) انجام شده است.

مواد روش‌ها: در این آزمایش، میگوهای با وزن $4/88 \pm 0/03$ گرم به‌طور تصادفی در ۱۲ مخزن پلی اتیلن (۳۰۰ لیتری، ۲۵ میگو به‌ازای هر مخزن) با هوادهی ثابت توزیع شدند و به مدت ۱۴ روز با جیره تجاری تغذیه شدند. در این آزمایش، سطوح مختلف اینولین استخراج شده از ریشه گیاه کاسنی به جیره غذایی تجاری اضافه شدند. پس از پایان دوره پرورش، پنج میگو از هر مخزن به‌طور تصادفی برای آنالیز بیوشیمیایی انتخاب شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که تیمار حاوی ۲ درصد اینولین باعث افزایش وزن بیش‌تری در مقایسه با سایر تیمارها شد. هم‌چنین، بیش‌ترین میزان نرخ رشد ویژه و کم‌ترین میزان نرخ تبدیل غذایی نیز در تیمار حاوی ۲ درصد اینولین مشاهده گردید. در مورد شاخص‌های هماتولوژی، مقادیر هموسیت کل و سلول‌های نیمه گرانولار در تیمارهای حاوی ۰/۵ و ۱ درصد با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند، اما با تیمار حاوی ۲ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مورد شاخص‌های ایمنی، مقادیر آنزیم لیزوزیم و فنول اکسیداز در تیمار حاوی ۲ و ۱ درصد اینولین بیش‌تر بودند.

بحث و نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پری بیوتیک اینولین می‌تواند در بهبود شاخص‌های رشد، هماتولوژی و ایمنی میگوهای وانامی موثر باشد. براساس نتایج به‌دست آمده، تیمار حاوی ۲ درصد اینولین دارای بهترین عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها بوده و می‌تواند به‌عنوان بهترین تیمار برای تغذیه میگوهای وانامی با استفاده از پری بیوتیک اینولین در نظر گرفته شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: abdollahzadeh1@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۷ فروردین ۱۴۰۲؛ تاریخ داوری: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح: ۱۲ تیر ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ مرداد ۱۴۰۲

(DOI): 10.70102/AEJ.2025.17.1.14

مقدمه

امروزه کاهش منابع آبی باعث توسعه صنعت آبی پروری در اکثر کشورها شده است. نیاز جامعه به منابع پروتئینی باعث شده است که مطالعات و فعالیت‌های آبی پروری بر معرفی گونه‌های جدیدتر مانند سخت پوستان و نرم تنان در سیستم‌های پرورش متمرکز شود (۱، ۲). طبق آمار فائو مصرف میگو پنائید به دلیل بازارپسندی و تقاضای زیاد ۴/۵ تن است. از سال ۲۰۰۳ میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) به دلیل هزینه تولید پایین و سازگاری بالا با تغییرات محیطی جایگزین میگوهای پرورشی دیگر شده است. میگو وانامی بومی سواحل غربی آمریکای لاتین در اقیانوس آرام است و از پرو در جنوب تا مکزیک در شمال توزیع می‌شود. این گونه از اواخر دهه ۱۹۹۰ با موفقیت در مقیاس تجاری در آسیا کشت شد. این میگو می‌تواند تا ۳ گرم در هفته رشد کند و در سیستم‌های کشت فشرده به وزن ۲۰ گرم برسد. با این وجود، توسعه این صنعت خطرات زیادی از جمله آسیب به محیط زیست و سلامت انسان و حیوانات را به همراه خواهد داشت (۳، ۴). این میگو نسبت به سایر گونه‌ها در برابر بیماری‌ها مقاوم‌تر است و بهبود کیفیت غذا یکی از مهم‌ترین عوامل برای ارتقاء رشد و بقای آن‌هاست (۵، ۶). پری بیوتیک‌ها جزء کربوهیدرات‌های غیرقابل جذب بوده که باعث تحریک رشد و متابولیسم باکتری‌های مفید موجود در روده می‌شوند. این عمل به طبع سبب افزایش سریع رشد (بهبود متابولیسم تغذیه) و سلامتی میزبان می‌گردد (۷). ایده به کارگیری پری بیوتیک‌ها در آبی پروری از آن جا ناشی شده است که اینولین و الیگوفروکتوز به صورت گزینشی توسط بیدوباکترها، لاکتوباسیلوس‌ها، باسیلوس‌ها و باکترئوئیدها که جزء باکتری‌های غالب فلور دستگاه گوارش هستند، تخمیر شده و سبب تحریک رشد این باکتری‌های مفید در روده موجود زنده می‌شوند و در نتیجه اثرات سودمندی بر سلامتی میزبان دارند (۸). انواع پری بیوتیک آبزبان شامل بتاگلوکان‌ها، منان الیگوساکاریدها، لاکتوز، فروکتوالیگوساکارید و اینولین که اثر آن‌ها در آبزبان به اثبات رسیده است. از بین کل پری بیوتیک‌های آزمایش شده، فروکتون‌های نوع اینولین بیش از همه مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۷، ۹). اینولین یک کربوهیدرات گیاهی همو پلی ساکاریدی است که دارای فیبر محلول بوده و از گیاهان مختلفی نظیر سیر، پیاز، سیب زمینی، تره فرنگی، گندم، موز، گل کوکب و کاسنی با درجه پلیمریزاسیون متفاوت به دست می‌آید. ساختار منحصر به فرد اینولین، باند‌های ۲،۱ β می باشد که این اتصالات مانع از این می‌شوند که اینولین همانند سایر کربوهیدرات‌ها در روده کوچک هضم، تجزیه و جذب شود و در نهایت توسط باکتری‌های مفید در روده، تخمیر شده و مورد مصرف قرار می‌گیرند

(۱۰). تاکنون مطالعات مختلفی درخصوص اثر پری بیوتیک اینولین بر پارامترهای رشد و سایر شاخص‌های با اهمیت آبزبان از قبیل میگو در ایران و سایر نقاط جهان انجام گردیده است (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶). لذا با توجه به اهمیت موضوع، هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات مکمل غذایی پری بیوتیک اینولین بر بهبود شاخص‌های رشد، گوارشی، هماتولوژی و ایمنی در میگوهای جوان پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی جیره غذایی و طراحی آزمایش: میگوهای پاسفید غربی از مزارع تجاری میگو (استان هرمزگان، ایران) با وزن $4/88 \pm 0/03$ گرم به طور تصادفی در ۱۲ مخزن پلی اتیلن (۳۰۰ لیتری، ۲۵ میگو به ازای هر مخزن) با هوادهی ثابت توزیع شدند. میگوها به مدت ۱۴ روز با شرایط آزمایشی خاص خود به همراه جیره تجاری شرکت بیضا تغذیه شدند. برای آزمایش تغذیه، اینولین استخراج شده از ریشه گیاه کاسنی (*Chicory Extract*) به جیره غذایی تجاری در سطوح ۰، ۵/۰، ۱ و ۲ درصد به ازای هر کیلوگرم غذا اضافه شد. میگوها سه بار در روز با ۴ درصد وزن مرطوب بدن به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند (۱۷). جیره‌های آماده شده تا زمان استفاده در کیسه‌های زیپ‌دار در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگه‌داری شدند. برای شروع آزمایش، آب مصرفی مستقیم از دریای خلیج فارس به داخل کارگاه ایستگاه تحقیقاتی برای آزمایش پمپاژ شد و سایر پارامترهای کیفی آب روزانه اندازه‌گیری و در سطوح متعادل کنترل شد. مدفوع و غذای نخورده روزانه خارج شد و پس از عبور از فیلتر فیزیکی و زیستی برای استفاده در یک مخزن ۱۰ هزار لیتری ذخیره گردید.

زیست سنجی و عملکرد رشد: در این آزمایش، به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف اینولین در جیره غذایی بر رشد میگوها، میگوهای جوان پس از ۶۰ روز، تصادفی صید شده و وزن آن‌ها با یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. پارامترهای تغذیه و رشد در انتهای دوره آزمایشی سنجش شدند و داده‌های حاصل از زیست‌سنجی توسط Jahromi و همکاران محاسبه شدند (۱۸):

درصد افزایش وزن بدن: (وزن نهایی - وزن اولیه) $\times 100$

ضریب رشد ویژه: [(لگاریتم طبیعی وزن نهایی - لگاریتم طبیعی وزن اولیه) / دوره پرورش] $\times 100$

ضریب تبدیل غذایی: افزایش وزن توده زنده / مقدار غذای مصرفی

نمونه‌گیری: در پایان دوره پرورش (روز ۶۰)، پنج میگو به طور تصادفی از هر مخزن برای آنالیز بیوشیمیایی، با استفاده از همولنف نمونه‌برداری شدند. قبل از نمونه‌برداری، میگوها با استفاده از پودر

یخ بی حس شده و پس از آن، سطح سر و سینه با پنبه آغشته به الکل ضد عفونی تمیز شدند. سپس، ۵۰۰ میکرولیتر همولنف از سینوس شکمی هر میگو در یک سرنگ استریل ۱ میلی لیتری (گیج ۲۵) جمع آوری شد. سپس، بافت هیپاتوپانکراس جدا شده و به داخل تیوپ های استریل منتقل شد. در نهایت، نمونه ها در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد در یخچال تا زمان استفاده نگه داری شدند.

شاخص های گوارشی: اثر پری بیوتیک اینولین بر روی آنزیم های گوارشی شامل فعالیت های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در دستگاه گوارش با روش Gamboa-Delgado و همکاران اندازه گیری شد (۱۹). برای تهیه عصاره آنزیمی، میگوها بلافاصله پس از ۶۰ روز به مدت ۲۴ ساعت گرسنگی داده شدند و با قیچی استریل کشته شدند. دستگاه گوارش با دقت برداشته شد، با آب مقطر استریل شسته شد، وزن شد و با بافر فسفات سرد شده (۰/۶۵ درصد) همگن شد. مایع رویی استخراج شده با سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد) برای سنجش آنزیمی استفاده شد. فعالیت آمیلاز به عنوان وزن (میلی گرم) مالتوز آزاد شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد توسط کیت α -آمیلاز (DIALAB، اتریش) محاسبه شد. فعالیت پروتئاز به عنوان مقدار تیروزین آزاد شده در ۱۵ دقیقه تحت شرایط سنجش توسط کیت API-ZYM (Bio-Merieux، فرانسه) بیان شد. هم چنین، فعالیت لیپاز به صورت مقدار ۰/۲۵ نیتروژن NaOH مورد نیاز برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد شده طی ۱۸ ساعت انکوباسیون (با pH ۹/۶ و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد) توسط کیت لیپاز (بیونیک، ایران) بیان شد (۲۰).

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات: جهت آنالیز آماری داده های مربوط به بررسی اثرات مکمل غذایی پری بیوتیک اینولین بر شاخص های رشد، گوارشی، هماتولوژی و ایمنی در میگوهای جوان پاسبیدغریبی (*Litopenaeus vannamei*) از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده گردید. ابتدا نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد. سپس داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) به همراه آزمون پست هاک دانکن تحلیل شدند. داده ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه شدند و مقدار p کم تر از ۰/۰۵ به عنوان معنی داری آماری در نظر گرفته شد ($P < 0/05$).

نتایج

شاخص های رشد: نتایج تغذیه میگوهای وانامی با سطوح مختلف پری بیوتیک اینولین بر شاخص های رشد در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، میگوهای تغذیه شده در تیمار حاوی ۲ درصد اینولین دارای وزن نهایی و افزایش وزن بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها بودند ($P < 0/05$). هم چنین بیش ترین میزان نرخ رشد ویژه و کم ترین میزان نرخ تبدیل غذایی نیز در تیمار حاوی ۲ درصد اینولین مشاهده گردید که این مقادیر دارای اختلاف معنی داری با گروه کنترل و سایر تیمارها بودند ($P < 0/05$). ویژه و ضریب تبدیل غذایی با تیمار کنترل دارای اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0/05$). هم چنین میزان بازماندگی در بین تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار کنترل بالاتر بود و این اختلاف معنی دار بود ($P < 0/05$) (جدول ۲).

شاخص های گوارشی: اثر پری بیوتیک اینولین بر روی آنزیم های گوارشی شامل فعالیت های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در دستگاه گوارش با روش Gamboa-Delgado و همکاران اندازه گیری شد (۱۹). برای تهیه عصاره آنزیمی، میگوها بلافاصله پس از ۶۰ روز به مدت ۲۴ ساعت گرسنگی داده شدند و با قیچی استریل کشته شدند. دستگاه گوارش با دقت برداشته شد، با آب مقطر استریل شسته شد، وزن شد و با بافر فسفات سرد شده (۰/۶۵ درصد) همگن شد. مایع رویی استخراج شده با سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد) برای سنجش آنزیمی استفاده شد. فعالیت آمیلاز به عنوان وزن (میلی گرم) مالتوز آزاد شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد توسط کیت α -آمیلاز (DIALAB، اتریش) محاسبه شد. فعالیت پروتئاز به عنوان مقدار تیروزین آزاد شده در ۱۵ دقیقه تحت شرایط سنجش توسط کیت API-ZYM (Bio-Merieux، فرانسه) بیان شد. هم چنین، فعالیت لیپاز به صورت مقدار ۰/۲۵ نیتروژن NaOH مورد نیاز برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد شده طی ۱۸ ساعت انکوباسیون (با pH ۹/۶ و دمای ۳۰ درجه سانتی گراد) توسط کیت لیپاز (بیونیک، ایران) بیان شد (۲۰).

شاخص های هماتولوژی: ۰/۵ میلی لیتر همولنف از پای دوم شنا با استفاده از سوزن زیرپوستی گیج ۲۱ و سرنگ ۲ میلی لیتری جمع آوری شد. هر سرنگ از قبل با ۰/۳ میلی لیتر ضد انعقاد پر شده بود (۱۰ میلی مولار Tris-HCl، ۲۵۰ میلی مولار ساکارز، ۱۰۰ میلی مولار سیترات سدیم، pH ۶/۷). ضد انعقاد برای ایجاد نسبت حجمی برابر همولنف اضافه شد. حجم ۵۰ میلی لیتر همولنف ضد انعقاد با حجم مساوی از فرمالین بافر خنثی (۱۰ درصد) به مدت ۳۰ دقیقه برای اندازه گیری تعداد کل هموسیت (THC) و تعداد هموسیت های افتراقی (DHC) ثابت شد. همولنف ضد انعقاد باقی مانده در ۳۰۰× گرم به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شد تا هموسیت ها از پلاسما جدا شوند. تعداد کل هموسیت ها با استفاده از هموسیتومتر (Mariefeld، آلمان) و میکروسکوپ نوری با بزرگ نمایی ۱۰۰× شمارش شد. همولنف ثابت روی لام آغشته شد و با محلول گیمسا (۱۰ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه رنگ آمیزی شد. هموسیت های

جدول ۱: میانگین ($\pm$ انحراف معیار) عملکرد رشد در میگوی وانامی تغذیه شده با سطوح مختلف پری بیوتیک اینولین

پارامترهای رشد	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
وزن اولیه (گرم)	۴/۸۷ $\pm$ ۰/۰۳	۴/۸۹ $\pm$ ۰/۰۳	۴/۹۱ $\pm$ ۰/۰۲	۴/۸۵ $\pm$ ۰/۰۶
وزن نهایی (گرم)	۷/۸۱ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۷/۹۶ $\pm$ ۰/۰۴ ^b	۸/۰۳ $\pm$ ۰/۰۳ ^b	۸/۴۹ $\pm$ ۰/۰۳۵ ^a
افزایش وزن (گرم)	۲/۹۴ $\pm$ ۰/۰۵ ^b	۳/۱۱ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۳/۱۲ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۳/۸۵ $\pm$ ۰/۰۵ ^a
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۰/۸ $\pm$ ۰/۲ ^b	۰/۸۲ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۰/۸۵ $\pm$ ۰/۰۵ ^b	۰/۹۴ $\pm$ ۰/۰۸ ^a
نرخ تبدیل غذا	۲/۵۱ $\pm$ ۰/۰۴ ^b	۲/۴۴ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۲/۳۹ $\pm$ ۰/۰۱۶ ^b	۱/۹۵ $\pm$ ۰/۰۲۱ ^a

شاخص‌های گوارشی: نتایج تغذیه میگوهای وانامی با سطوح

مختلف پری بیوتیک اینولین بر شاخص‌های رشد در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، بین میزان آنزیم آمیلاز اندازه‌گیری شده در میگوهای تغذیه شده با تیمارهای حاوی ۱ و ۲ درصد اینولین با تیمارهای شاهد و ۰/۵ درصد اینولین اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بین میزان آنزیم لیپاز اندازه‌گیری شده در میگوهای تغذیه شده با تیمارهای حاوی ۲ درصد اینولین با

تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد اینولین و هم چنین تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج مقایسه آنزیم پروتئاز بین تیمارهای مورد بررسی نشان داد که بین تیمارهای حاوی ۱ و ۲ درصد اینولین با تیمارهای شاهد و ۰/۵ درصد اینولین تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بیش‌ترین مقادیر آنزیم‌های اندازه‌گیری شده نیز در میگوهای تغذیه شده با تیمار حاوی ۲ درصد اینولین مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۲: تاثیر سطوح مختلف اینولین در جیره غذایی بر میزان آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) (واحد آنزیمی بر

میلی گرم پروتئین) میگوهای جوان وانامی

آنزیم‌های گوارشی	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
آمیلاز	۳۴/۵۳ $\pm$ ۱/۸۹ ^c	۳۷/۲۸ $\pm$ ۰/۷۸ ^b	۴۵/۶۲ $\pm$ ۰/۲۷ ^a	۴۶/۵۵ $\pm$ ۰/۶۳ ^a
لیپاز	۱/۱۶ $\pm$ ۰/۰۲ ^c	۱/۲۷ $\pm$ ۰/۰۶ ^b	۱/۳ $\pm$ ۰/۰۴ ^b	۱/۴۵ $\pm$ ۰/۰۲۶ ^a
پروتئاز	۴/۵۴ $\pm$ ۰/۴۱ ^b	۴/۷۷ $\pm$ ۰/۱۵ ^b	۵/۶۷ $\pm$ ۰/۲۴ ^a	۵/۸۹ $\pm$ ۰/۰۳۶ ^a

شاخص‌های هماتولوژی: نتایج تغذیه میگوهای وانامی با سطوح

مختلف پری بیوتیک اینولین بر شاخص‌های هماتولوژی در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، بین مقادیر هموسیت کل و سلول‌های نیمه گرانولار میگوی‌های تغذیه شده با پری بیوتیک اینولین در تیمارهای ۰/۵ و ۱ درصد با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$), ولی با تیمار ۲ درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0.05$). بین مقادیر سلول‌های هیالینی در تیمارهای حاوی ۰/۵، ۱ و ۲ درصد اینولین با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری

وجود داشت ($P < 0.05$). مقایسه تعداد سلول‌های گرانولار بزرگ در تیمارهای مورد بررسی نیز نشان داد که بین تیمارهای حاوی ۱ و ۲ درصد اینولین با تیمارهای ۰/۵ و شاهد تفاوت‌های معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). بیش‌ترین تعداد هموسیت کل و سلول‌های نیمه گرانولار در تیمار حاوی ۱ درصد اینولین و بیش‌ترین تعداد سلول‌های هیالینی و گرانولار بزرگ در تیمار حاوی ۲ درصد اینولین مشاهده گردیدند (جدول ۳).

جدول ۳: تاثیر سطوح مختلف اینولین در جیره غذایی بر میزان شاخص‌های هماتولوژی (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) (10^6 سلول در هر

میلی لیتر) میگوهای جوان وانامی

تیمار	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
هموسیت کل	۱۰/۲۳ $\pm$ ۰/۱۷ ^c	۱۱/۳۸ $\pm$ ۰/۳۲ ^b	۱۲/۸۷ $\pm$ ۰/۲۵ ^a	۱۱/۹۸ $\pm$ ۰/۶۵ ^{ab}
سلول‌های هیالینی	۵/۵۷ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۶/۳۱ $\pm$ ۰/۰۷ ^a	۶/۴۵ $\pm$ ۰/۰۳۱ ^a	۶/۵۳ $\pm$ ۰/۰۵۷ ^a
سلول‌های نیمه گرانولار	۳/۱۹ $\pm$ ۰/۰۳۴ ^c	۳/۵۴ $\pm$ ۰/۰۱۸ ^b	۳/۹۶ $\pm$ ۰/۰۴ ^a	۳/۷۴ $\pm$ ۰/۰۵۲ ^{ab}
سلول‌های گرانولار بزرگ	۱/۳۹ $\pm$ ۰/۰۰۵ ^c	۱/۸ $\pm$ ۰/۰۴۵ ^b	۱/۹۴ $\pm$ ۰/۰۶ ^a	۲/۰۵ $\pm$ ۰/۰۴ ^a

شاخص‌های ایمنی: نتایج تغذیه میگوهای وانامی با سطوح

مختلف پری بیوتیک اینولین بر شاخص‌های ایمنی در جدول ۳ نشان

داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، بین مقادیر آنزیم لیزوزیم در میگوی‌های تغذیه شده با پری بیوتیک اینولین در تیمارهای ۰/۵،

وجود داشت ($P < 0.05$). بیش‌ترین مقدار آنزیم لیزوزیم در تیمار حاوی ۲ درصد اینولین و بیش‌ترین مقدار آنزیم فنول اکسیداز در تیمار حاوی ۱ درصد اینولین مشاهده گردیدند (جدول ۴).

۱ و ۲ درصد با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). هم‌چنین بین مقادیر آنزیم فنول اکسیداز در تیمارهای حاوی ۰/۵، ۱ و ۲ درصد اینولین با یکدیگر و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری

جدول ۴: تاثیر سطوح مختلف اینولین در جیره غذایی بر فعالیت آنزیم لیزوزیم و فنول اکسیداز (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد) (واحد آنزیمی بر میلی‌لیتر) میگوهای جوان وانامی

آنزیم‌های ایمنی	شاهد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲ درصد
لیزوزیم	$7.0 \pm 2.1/2.4^b$	$8.0 \pm 4.3/5.6^a$	$8.0 \pm 8.6/3.2^a$	$9.0 \pm 0.2/8.5^a$
فنول اکسیداز	$4.0 \pm 6.2/2.8^d$	$6.0 \pm 5.5/1.9^b$	$8.0 \pm 4.7/3.1^a$	$5.0 \pm 5.9/7.2^c$

بحث

پری‌بیوتیک‌ها از جمله اینولین (۲۴، ۲۵)، β -گلوکان (۲۶، ۲۷)، مانان اولیگوساکاریدها (MOS) (۲۵، ۲۸)، فروکتولیگوساکاریدها (FOS) (۲۹)، ایزومالتولیگوساکاریدها (IMO) (۳۰)، زایلولیگوساکاریدها (XOS) (۳۱) به دلیل تحریک عملکرد رشد، استفاده از غذا، اثرات مثبت بر مورفولوژی روده، میکروبیوتای روده، سیستم ایمنی و مقاومت در برابر بیماری‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشند (۳۲). نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار حاوی ۲ درصد اینولین باعث افزایش وزن بیش‌تری در میگوهای تغذیه شده گردیده است و نرخ رشد و نرخ تبدیل غذایی در این تیمار نیز بیش‌تر از سایر تیمارها بوده است. Zhou و همکاران، در یک آزمایش تغذیه ۸ هفته‌ای، تاثیر افزودنی اینولین غذایی با غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۴ درصد بر عملکرد رشد، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، پاسخ ایمنی و میکروبیوتای روده میگوی پا سفید اقیانوس آرام (*Litopenaeus vannamei*) در شرایط شوری کم ۳ psu بررسی کردند. نتایج نشان داد که میگوهای که با جیره‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۴ درصد اینولین تغذیه شده بودند، به‌طور قابل توجهی وزن نهایی، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه‌ای را نسبت به میگوهای که با جیره شاهد تغذیه شده بودند، داشتند (۱۱). نتایج مطالعه Fadaee Raienee و همکاران نشان داد که استفاده از ۳ گرم اینولین در جیره غذایی، بهبود قابل توجهی در ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی ماهیان زبرا دانیو ایجاد می‌کند (۳۳). هم‌چنین نتایج مطالعه Li و همکاران، اثرات آرابینوکسیلان-الیگو ساکارید (AXOS) و اینولین را در دوزهای مختلف بر رشد، میکروبیوتای روده و پاسخ ایمنی سفید اقیانوس آرام ارزیابی نمود. نتایج نشان داد که کاربرد منفرد اینولین یا AXOS در جیره ۴ میلی‌گرم بر گرم، بیش‌ترین تاثیر تحریکی را بر رشد و سطح بیان ژن در میگوی وانامی داشته است (۳۴). هم‌چنین کاربرد هم‌زمان AXOS و اینولین در جیره ۴ میلی‌گرم بر گرم به‌طور قابل توجهی پارامترهای رشد و

بیان ژن‌های مرتبط را افزایش داد. اینولین می‌تواند عملکرد گوارشی و جذب مواد مغذی در میگوها را بهبود بخشد. هم‌چنین، اینولین دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند به حفظ سلامتی سلول‌های بدن میگوها کمک کند و باعث افزایش پاسخ ایمنی و مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها شود. به علاوه، اینولین می‌تواند ترکیباتی را در روده میگوها تغییر دهد و میکروبیوتای روده آن‌ها را بهبود بخشد که این نیز می‌تواند در بهبود عملکرد رشد میگوها تاثیرگذار باشد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت اینولین در تغذیه، فعالیت آنزیم‌های گوارشی این میگوها افزایش می‌یابد و بیش‌ترین مقدار آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز در میگوهای تغذیه شده با غلظت ۲ درصد اینولین مشاهده شد گردید. میکروبیوتای روده یک میکرواکوسیستم بسیار پیچیده و مؤثر در دستگاه گوارش میزبان را تشکیل می‌دهد و نقش مهمی در تنظیم تغذیه، متابولیسم و ایمنی حیوان دارد (۳۵). بنابراین، گروه‌های خاصی از باکتری‌های روده، از جمله باسیل‌ها و باکتری‌های اسیدلکتیک، می‌توانند جمعیت نسبی خود را در فلور روده با استفاده از تخمیر پری‌بیوتیک‌هایی که ممکن است در دستگاه گوارش میزبان هیدرولیز نشوند، افزایش دهند (۳۶، ۳۷). علاوه بر این، باکتری‌های مفید تحریک شده با پری‌بیوتیک با افزایش بیان و فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده در حیوانات آبی عملکرد رشد میزبان را بهبود می‌بخشد (۳۸، ۳۹). کربوهیدرات‌ها (سلولاز، آمیلاز و کیتیناز)، لیپازها و پروتئازها (تریپسین و کیموتریپسین) آنزیم‌های گوارشی اصلی در دستگاه گوارش سخت‌پوستان را تشکیل می‌دهند و اعتقاد بر این است که سطح بیان و هم‌چنین فعالیت این آنزیم‌ها شاخص‌های مهم عملکرد گوارشی و وضعیت رشد حیوان هستند. علاوه بر این، نشان داده شده است که پری‌بیوتیک‌های رژیمی باعث بهبود مقاومت بیماری و پاسخ ایمنی ذاتی در گونه‌های آبی می‌شوند (۴۰، ۴۱). اندازه‌گیری پارامترهای خون ابزار مهمی برای ارزیابی فیزیولوژی و وضعیت سلامت جانوران آبی در نظر گرفته می‌شود (۴۲). در این مطالعه، نتایج تاثیر پری‌بیوتیک اینولین در

فروکتولیگوساکارید (FOS) باعث بهبود وزن، طول و بقای میگو و هم‌چنین افزایش فعالیت پروتئازها، فنل اکسیداز، لیزوزیم‌ها و لکتین‌ها در سیستم ایمنی میگوی وانامی در مواجهه با سویه‌های باکتریایی ویبریو و سودوموناس شده است (۵۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، استفاده از پری‌بیوتیک اینولین در تغذیه میگوهای وانامی می‌تواند موجب بهبود قابل توجهی در شاخص‌های رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و سیستم ایمنی میگوها گردد. هم‌چنین این پری‌بیوتیک می‌تواند به کاهش خطر بروز بیماری در میگوهای وانامی کمک کند و به‌عنوان یک جایگزین طبیعی و اقتصادی برای آنتی‌بیوتیک‌ها در تغذیه میگوهای وانامی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان می‌دهد که تیمار حاوی ۲ درصد اینولین دارای بهترین عملکرد در مقایسه با سایر تیمارها بوده و می‌تواند به‌عنوان بهترین تیمار برای تغذیه میگوهای وانامی با استفاده از پری‌بیوتیک اینولین در نظر گرفته شود. در کل، استفاده از پری‌بیوتیک اینولین می‌تواند بهبود قابل توجهی در تولید میگوهای وانامی و بهبود شرایط تغذیه آن‌ها به‌دنبال داشته باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد که پری‌بیوتیک اینولین می‌تواند به‌عنوان یک راهکار موثر و اقتصادی برای بهبود عملکرد و سلامتی میگوهای وانامی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Mirzaei N., Mousavi, S.M., Yavari, V., Souri, M., Pasha-Zanoosi, H. and Rezaie, A., 2021. Quality assessment of *Litopenaeus vannamei* postlarvae produced in some commercial shrimp hatcheries of Choubdeh Abadan, Iran. *Aquaculture*. 530(15): 735708. (In Persian)
2. Jahanbakhshi, A., Pourmozaffar, S., Adeshina, I., Vayghan, A.H. and Reverter, M., 2022. Effect of garlic (*Allium sativum*) extract on growth, enzymological and biochemical responses and immune-related gene expressions in giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 106(4): 947-956. <https://doi.org/10.1111/jpn.13718>
3. Pazir, M.K., 2016. Effect of garlic powder (*Allium sativum*) on immune responses of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Journal of Biosafety*. 9(1): 9-19. (In Persian)
4. Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2017. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*. 48(4): 1491-501. (In Persian)
5. Abdirad, Z., Ghaednia, B., Kakoolaki, S., Mirbakhsh, M. and Ghorbani Vaghei, R., 2022. The effects of rearing Pacific white-leg shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) in biofloc system on the immune responses and survival rate in challenge with *Vibrio harveyi*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 21(3): 705-725. (In Persian)
6. Salehpour, R., Amrollahi Biuki, N., Mohammadi, M., Dashtianassab, A., Ebrahimnejad, P. and Ghasemi,

سطوح ۵/۰، ۱ و ۲ درصد بر شاخص‌های هماتولوژی میگوهای وانامی نشان داد که تفاوت معنی‌داری در مقادیر هموسیت کل، سلول‌های نیمه‌گرانولار و سلول‌های هیالینی بین گروه‌های تغذیه شده با اینولین و گروه کنترل وجود دارد. بیش‌ترین تعداد هموسیت کل و سلول‌های نیمه‌گرانولار در گروه تغذیه شده با ۱ درصد اینولین و بیش‌ترین تعداد سلول‌های هیالینی و گرانولار بزرگ در گروه تغذیه شده با ۲ درصد اینولین مشاهده شد. هموسیت‌ها نقش مهمی در پاسخ‌های ایمنی میزبان دارند که شامل شناسایی پاتوژن‌ها، فاگوسیتوز، تولید ملانین و سمیت سلولی است. این سلول‌ها بر اساس نسبت هسته به سیتوپلاسم، تعداد گرانول، نوع رنگ و اندازه به سه دسته تقسیم می‌شوند که شامل سلول‌های هیالین (HC)، سلول‌های نیمه‌دانه‌ای (SGC) و سلول‌های دانه‌ای (LGC) می‌شود. هموسیت‌ها اغلب به‌طور دائم با هموسیت‌های جدید در همولنف جایگزین می‌شوند. تعداد هموسیت‌ها در گونه‌های سخت‌پوستان بر اساس ویژگی‌های فردی و شرایط مختلف متفاوت خواهد بود (۴۳). در مطالعه Eissa و همکاران تمام فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان‌ها (سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوکاتایون پراکسیداز) و بیومارکرهای ایمنی (لیزوزیم، تعداد کل هموسیت‌ها، فنل اکسیداز و انفجار تنفسی) با افزایش سطوح ۱-۳ β -گلوکان و فروکتولیگوساکاریدها در رژیم غذایی میگو وانامی به‌طور قابل توجهی افزایش یافتند (۴۴) که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. بررسی شاخص‌های ایمنی در این مطالعه نشان داد که بیش‌ترین میزان آنزیم لیزوزیم در تیمار ۲ درصد و بیش‌ترین میزان آنزیم فنل اکسیداز در تیمار ۱ درصد اینولین مشاهده شد. فعالیت لیزوزیم یکی از ضروری‌ترین شاخص‌های سیستم ایمنی است و عملکرد آن با فعال شدن سیستم کمپلمان و فاگوسیتوز همراه است (۴۵). علاوه بر این، دارای فعالیت ضد باکتریایی در برابر طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زای گرم منفی و تهدیدکننده دیگر است (۴۶). فنل اکسیداز (PO) یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی است که در طی فعال‌سازی سیستم pro PO ایجاد می‌شود و به‌دلیل قرار گرفتن در معرض ذرات یا پاتوژن‌های خارجی نقش کلیدی در فرآیند ملانیزاسیون دارد (۴۷). این سیستم نقش بسیار مهمی در شناسایی اجزای خارجی دارد (۴۸). فعال‌سازی این آنزیم توسط تعدادی از محرک‌های ایمنی از جمله پپتیدها و گلیکان‌ها (۴۹)، بتاگلوکان‌ها (۵۰) و لیپوپلی ساکاریدها (۵۱) انجام می‌شود. در مطالعه Eissa و همکاران، افزودن رژیم غذایی ۱-۳ β -گلوکان به میگوی وانامی به‌طور قابل توجهی فعالیت لیزوزیم و فنل اکسیداز را در مقایسه با گروه کنترل افزایش داد (۴۴). این نتایج را می‌توان به ساختار پیچیده ۱-۳ β -گلوکان و توانایی آن در فعال کردن ایمنی میگوی وانامی نسبت داد. Corrales Barrios و همکاران، گزارش نمودند که اثر پری‌بیوتیک

- hemolymph chemistry, intestinal microbiota and histological structure of hepatopancreas in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish & shellfish immunology. 86: 900-905. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.019>
18. **Jahromi, S.T., Pourmozaffar, S., Jahanbakhshi, A., Rameshi, H., Gozari, M., Khodadadi, M., Sohrabipour, J., Behzadi, S., Barzkar, N., Nahavandi, R. and Zahedi, M.R., 2021.** Effect of different levels of dietary *Sargassum cristaefolium* on growth performance, hematological parameters, histological structure of hepatopancreas and intestinal microbiota of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 533: 736130. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736130>
 19. **Gamboa-delgado, J., Molina-poveda, C. and Cahu, C., 2003.** Digestive enzyme activity and food ingesta in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* as a function of body weight. Aquaculture research. 34(15): 1403-1411. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2003.00959.x>
 20. **Akbary, P., Shoghi, M. and Fereidouni, M.S., 2017.** Growth performance and digestive enzymes activities of Pacific white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles fed dietary mixtures of four medicinal plants. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 16(4): 1157-1163. (In Persian)
 21. **Samadi, L., Zanguee, N., Mousavi, S.M. and Zakeri, M., 2016.** Effect of dietary Garlic extract on growth, feeding parameters, hematological indices and body composition of *Litopenaeus vannamei*. Journal of the Persian Gulf. 7(24): 29-42. (In Persian)
 22. **Liu, H., Li, Z., Tan, B., Lao, Y., Duan, Z., Sun, W. and Dong, X., 2014.** Isolation of a putative probiotic strain S12 and its effect on growth performance, non-specific immunity and disease-resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish & shellfish immunology. 41(2): 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.08.028>
 23. **AftabUddin, S., Siddique, M.A., Habib, A., Akter, S., Hossen, S., Tanchangya, P. and Abdullah, A.M., 2021.** Effects of seaweeds extract on growth, survival, antibacterial activities, and immune responses of *Penaeus monodon* against *Vibrio parahaemolyticus*. Italian Journal of Animal Science. 20(1): 243-255. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1878943>
 24. **Fadaei Rayaeni, M., Ahmadifar, E. and Enayat Gholampour, T., 2017.** Study of changing of chemical muscle content during maturation in Zebrafish (*Danio rerio* Hamilton, 1822) fed with prebiotic inulin. Journal of Animal Environment. 9(3): 245-252. (In Persian)
 25. **Li, J., Zhang, X., Cao, L., Ji, J. and Gao, J., 2018.** Three inulin-type fructans from *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. Roots and their prebiotic activity on *Bifidobacterium longum*. Molecules. 23(12):3123. <https://doi.org/10.3390/molecules23123123>
 26. **Boonanuntanasarn, S., Wongsasak, U., Pitaksong, T. and Chaijamrus, S., 2016.** Effects of dietary supplementation with β -glucan and synbiotics on growth, haemolymph chemistry, intestinal microbiota and morphology in the Pacific white shrimp. Aquaculture Nutrition. 22(4): 837-45. <https://doi.org/10.1111/anu.12302>
 27. **Li, R., Peng, S., Zhang, R., Dai, T., Fu, G., Wan, Y., Liu, C. and McClements, D.J., 2019.** Formation and characterization of oil-in-water emulsions stabilized by polyphenol-polysaccharide complexes: Tannic acid and β -glucan. Food Research International. 123: 266-275. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.005>
 28. **Jenabi Haghpourast, R., Meshkini, S. and Tukmechi, A., 2014.** Effect of dietary commercial probiotic (Bactocell) and Manan Oligosaccharide prebiotic on
 - A., 2022.** Evaluation of growth performance and biochemical parameters of western white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) fed with fucoidan enriched diet. Journal of Marine Science and Technology. 21(4): 41-54. (In Persian)
 7. **Dawood, M., Abo-Al-Ela, H.G. and Hasan, M.T., 2020.** Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios. Fish & shellfish immunology. 97(1): 268-282. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.054>
 8. **Melekoglu, E., Cetinkaya, M.A., Kepekci-Tekkeli, S.E., Kul, O. and Samur, G., 2021.** Effects of prebiotic oligofructose-enriched inulin on gut-derived uremic toxins and disease progression in rats with adenine-induced chronic kidney disease. PLoS One. 16(10): e0258145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258145>
 9. **Zhou, L., Han, F., Lu, K., Qia, Y. and Li, E., 2023.** Comparative study on prebiotic effects of different types of prebiotics in an in vitro fermentation by gut microbiota of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture. 574: 739687. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739687
 10. **Hughes, R.L., Alvarado, D.A., Swanson, K.S. and Holscher, H.D., 2022.** The prebiotic potential of inulin type fructans: a systematic review. Advances in Nutrition. 13(2): 492-529.
 11. **Zhou, L., Zhang, J., Yan, M., Tang, S., Wang, X., Qin, J.G., Chen, L. and Li, E., 2020.** Inulin alleviates hypersaline-stress induced oxidative stress and dysbiosis of gut microbiota in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. 529: 735681. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735681>
 12. **Wang, T., Zhang, N., Yu X.B., Qiao, F., Chen, L.Q., Du, Z.Y. and Zhang, M.L., 2021.** Inulin alleviates adverse metabolic syndrome and regulates intestinal microbiota composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with high-carbohydrate diet. British Journal of Nutrition. 126(2): 161-71. <https://doi.org/10.1017/S00711452000402X>
 13. **Escamilla-Montes, R., Barraza, A., Luna-González, A., Angulo, C., Fierro-Coronado, J.A., Diarte-Plata, G. and Flores-Miranda, M., 2021.** Effect of dietary inulin in the gut microbiota of whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*. Latin american journal of aquatic research. 49(3): 418-430. <http://dx.doi.org/10.3856/vol49-issue3.fulltext-2653>
 14. **GhafariFarsani, H., Rashidian, G., Bagheri, T., Hoseinifar, S.H. and Van Doan, H., 2021.** Study on growth enhancement and the protective effects of dietary prebiotic inulin on immunity responses of rainbow trout fry infected with. Annals of Animal Science. 21(2): 543-559. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0074>
 15. **Ajdari, A., GhafariFarsani, H., Hoseinifar, S.H., Javahery, S., Narimanizad, F., Gatphayak, K. and Van Doan, H., 2022.** Effects of dietary supplementation of primaLac, inulin, and biomin imbo on growth performance, antioxidant, and innate immune responses of common carp (*Cyprinus carpio*). Iture Aquacu Nutrition. 1-3. <https://doi.org/10.1155/2022/297479>
 16. **Li, M., Zhang, M., Jiang, H. and Qin, C., 2023.** Comparison of dietary arginine or/and inulin supplementation on growth, digestive ability and ammonia tolerance of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture Reports. 30: 101543. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101543>
 17. **Pourmozaffar, S., Hajimoradloo, A., Paknejad, H. and Rameshi, H., 2019.** Effect of dietary supplementation with apple cider vinegar and propionic acid on

- effects. Food chemistry. 155: 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.036>
42. George, A.D., Akinrotimi, O.A. and Nwokoma, U.K., 2017. Haematological changes in African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to mixture of atrazine and metolachlor in the laboratory. Journal of FisheriesSciences. com. 11(3): 48. <http://dx.doi.org/10.21767/1307-234X.1000129>
 43. Soltani, M., 2008. Immunology of fish and crustaceans. Tehran: University of Tehran Publications. (In Persian)
 44. Eissa, E.S., Ahmed, R.A., Abd Elghany, N.A., Elfeky, A., Saadony, S., Ahmed, N.H., Sakr, S.E., Dayrit, G.B., Tolenada, C.P., Atienza, A.A. and Mabrok, M., 2023. Potential Symbiotic Effects of β -1, 3 Glucan, and Fructooligosaccharides on the Growth Performance, Immune Response, Redox Status, and Resistance of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* to *Fusarium solani* Infection. Fishes. 8(2): 105. <https://doi.org/10.3390/fishes8020105>
 45. Magnadóttir, B., 2006. Innate immunity of fish (overview). Fish & shellfish immunology. 20(2): 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.09.006>
 46. Saurabh, S. and Sahoo, P.K., 2008. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. Aquaculture research. 39(3): 223-239. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01883.x>
 47. Liu, W.C., Zhou, S.H., Balasubramanian, B., Zeng, F.Y., Sun, C.B. and Pang, H.Y., 2020. Dietary seaweed (Enteromorpha) polysaccharides improves growth performance involved in regulation of immune responses, intestinal morphology and microbial community in banana shrimp *Fenneropenaeus merguensis*. Fish & shellfish immunology. 104: 202-212. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.05.079>
 48. Ayiku, S., Shen, J.F., Tan, B.P., Dong, X.H. and Liu, H.Y., 2020. Effects of dietary yeast culture on shrimp growth, immune response, intestinal health and disease resistance against *Vibrio harveyi*. Fish & Shellfish Immunology. 102: 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.04.036>
 49. Cerenius, L. and Söderhäll, K., 2004. The prophenol oxidase-activating system in invertebrates. Immunological reviews. 198(1): 116-126. <https://doi.org/10.1111/j.0105.2896.2004.00116.x>
 50. Bai, N., Gu, M., Zhang, W., Xu, W. and Mai, K., 2014. Effects of β -glucan derivatives on the immunity of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against white spot syndrome virus infection. Aquaculture. 426: 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.019>
 51. Chen, Y.Y., Chen, J.C., Kuo, Y.H., Lin, Y.C., Chang, Y.H., Gong, H.Y. and Huang, C.L., 2016. Lipopolysaccharide and β -1, 3-glucan-binding protein (LGBP) bind to seaweed polysaccharides and activate the prophenoloxidase system in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Developmental & Comparative Immunology. 55: 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2015.10.023>
 52. Corrales Barrios, Y., Roncarati, A., Martín Ríos, L.D., Rodríguez González, M., González Salotén, M., López Zaldívar, Y. and Arenal, A., 2023. Effects of Fructooligosaccharides (FOS) on the Immune Response of the Shrimp *Penaeus vannamei* and on the Reduction in *Vibrio* spp. and *Pseudomonas* spp. in Cultures of Post Larvae. Microbiology Research. 14(3): 870-882. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030060>
 29. tolerance of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against oxygen and temperature stresses. Journal of Animal Environment. 6(2): 125-133. (In Persian)
 30. Zhou, Q.C., Buentello, J.A. and Gatlin III, D.M., 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture. 309(1-4): 253-257. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.003>
 31. Gu, X.L., Li, H., Song, Z.H., Ding, Y.N., He, X. and Fan, Z.Y., 2019. Effects of isomaltooligosaccharide and Bacillus supplementation on sow performance, serum metabolites, and serum and placental oxidative status. Animal reproduction science. 207: 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.05.015>
 32. Wang, J., Sun, B., Cao, Y. and Wang, C., 2010. In vitro fermentation of xylooligosaccharides from wheat bran insoluble dietary fiber by Bifidobacteria. Carbohydrate polymers. 82(2): 419-423. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.082>
 33. Yousefian, M. and Amiri, M.S., 2009. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. African Journal of Biotechnology. 8(25).
 34. Fadaee Raieene, M., Ahmadifar, E. and Enayat Gholampour, T., 2107. Effects of dietary prebiotic Inulin on growth indices, weight gain and survival rate in Zebrafish (*Danio rerio*). Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology). 30(2): 194-202. (In Persian)
 35. Li, Y., Yuan, W., Zhang, Y., Liu, H. and Dai, X., 2021. Single or combined effects of dietary arabinoxylan-oligosaccharide and inulin on growth performance, gut microbiota, and immune response in Pacific white shrimp. Journal of Oceanology and Limnology. 39(2): 741-754. <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-020-9083-z>
 36. Wardwell, L.H., Huttenhower, C. and Garrett, W.S., 2011. Current concepts of the intestinal microbiota and the pathogenesis of infection. Current infectious disease reports. 13: 28-34. <https://doi.org/10.1007/s11908-010-0147-7>
 37. Pool-Zobel, B., Van Loo, J., Rowland, I. and Roberfroid, M.B., 2002. Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of colon cancer. British Journal of Nutrition. 87(S2): S273-S281. <https://doi.org/10.1079/BJN/2002548>
 38. Flickinger, E.A., Loo, J.V. and Fahey, G.C., 2003. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals. 19-60. <https://doi.org/10.1080/10408690390826446>
 39. Daniels, C.L., Merrifield, D.L., Boothroyd, D.P., Davies, S.J., Factor, J.R. and Arnold, K.E., 2010. Effect of dietary Bacillus spp. and mannan oligosaccharides (MOS) on European lobster (*Homarus gammarus* L.) larvae growth performance, gut morphology and gut microbiota. Aquaculture. 304(1-4): 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.018>
 40. Akhter, N., Wu, B., Memon, A.M. and Mohsin, M., 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. Fish & shellfish immunology. 45(2): 733-741. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.038>
 41. Dong, C. and Wang, J., 2013. Immunostimulatory effects of dietary fructooligosaccharides on red swamp crayfish, *P. rocambarus clarkii* (Girard). Aquaculture Research. 44(9): 1416-1424. <https://doi.org/10.1111/j.1365.2109.2012.03146.x>
 42. Zhang, Y., Zeng, H., Wang, Y., Zeng, S. and Zheng, B., 2014. Structural characteristics and crystalline properties of lotus seed resistant starch and its prebiotic