2025, 1(3): 75-86

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

Comparative effect of butyric acid alone and with endogenous quorum quencher bacteria on biochemical parameters of *Acanthopagrus arabicus*

Simak Salehipour Bavarsad [1], Takavar Mohammadian [2,3*], Preeta Kochanian [1], Vahid Yavari [1], Mansour Torfi mozan zadeh [4]

[1] *Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran*

[2] *Department of Livestock, Poultry and Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*

[3] *Member of Excellence Center of Warm Water Fish Health, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran*

[4] *Aquaculture Research Center-South of Iran, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran Iran*

Key Words

Probiotics
Quorum quencher bacteria
Butyric acid
Acanthopagrus arabicus
Biochemical parameters

Abstract

Introduction: Considering the significance of *Acanthopagrus arabicus* in Iran, characterized by its carnivorous nature and robust digestive system adapted for high-protein diets, there culture a necessity for the use of dietary supplements such as acidifier probiotics. This study was undertaken to investigate the impact of administering quorum quencher probiotics independently and in conjunction with the acidifier butyric acid on the alterations in biochemical parameters in *A. arabicus*.

Materials & Methods: A total of 360 fish fry, with an average weight of 15±3.2 gr, were randomly assigned to eight experimental treatments, each repeated three times. Over a period of 60 days, all fish groups were fed with the experimental diet. The treatments included: 1. Treatment A: Food with 0.5% butyric acid per Kg. 2. Treatment B: *Bacillus cereus* with quorum quenching properties (cfu g-1 10^8) per kg of ration. 3. Treatment C: *B. thuringiensis* with quorum quenching properties (10^8 cfu g-1) per Kg of diet (B). 4. Treatment D: *B. cereus* and *B. thuringiensis* with quorum quenching properties (10^8 cfu g-1) per Kg of diet (C). 5. Treatment E: *B. cereus* with quorum quenching property (10^8 cfu g-1) along with 0.5% butyric acid per Kg of food. 6. Treatment F: *B. thuringiensis* with quorum quenching properties (10^8 cfu g-1) along with 0.5% butyric acid per Kg of food. 7. Treatment G: *B. cereus* and *B. thuringiensis* with quorum quenching properties (108 cfu g-1) along with 0.5% butyric acid per Kg of food. 8. Control Treatment H: Food without acidifying probiotics. The control group received daily commercial food with 42% protein, including 100% fish meal.

Results: The consumption of diets containing a combination of B1 and B2 probiotics with butyric acid (Treatment G) and the group fed with the combination of probiotic B1 with butyric acid (Treatment F) resulted in a significant increase in glucose, triglyceride, cholesterol, and creatine phosphokinase in fish serum. Additionally, protein levels in fish serum increased, particularly in treatments containing Bacillus B1, Bacillus B2, and butyric acid alone, and the combination of both probiotics (Treatment D) compared to the control group. A substantial increase in albumin was observed in groups containing the combination of B1 and B2 bacilli along with butyric acid (Treatment D) and groups B and E. Moreover, the calcium content in the blood serum of fish fed with probiotic compound B2 (Treatment C) was higher than other treatments, especially the control group (H).

Conclusion: In summary, the combination of probiotics with butyric acid, along with the combination of B1 and B2 probiotics, has led to significant improvements in glucose, protein, albumin, cholesterol, triglyceride, calcium, and creatine phosphokinase enzyme activity.

Article info

* Corresponding Author's email:
t.mohammadian@scu.ac.ir

Received: 22 October 2024
Reviewed: 23 November 2024
Revised: 26 January 2025
Accepted: 27 February 2025

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.2155

مقاله علمی - پژوهشی

اثر مقایسه‌ای بوتیریک اسید به تنهای و همراه با باکتری‌های کوروم کوئینچر درون‌زاد بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی ماهی شانک زرد باله

سیامک صالحی‌پورباورصاد[۱]، تکاور محمدیان*[۲،۳]، پریتا کوچنین[۱]، وحید یاوری[۱]، منصور طرفی‌موزان‌زاده[۴]

[۱] گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

[۲] گروه بهداشت دام، طیور و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۳] عضو قطب بهداشت و بیماری‌های ماهیان گرمابی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۴] پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ،سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

کلمات کلیدی

پروبیوتیک
باکتری‌های کوروم کوئینچر
بوتریک اسید
ماهی شانک زرد باله
مکمل‌های جیره
فراسنجه‌های بیوشیمیایی

چکیده

مقدمه: با توجه به اهمیت ماهی شانک زرد باله در ایران و این مهم که این ماهی گوشت‌خوار، دستگاه گوارش قوی و متناسب با غذایی با پروتئین بالاست، نیاز استفاده از مکمل غذایی مانند اسیدیفایر پروبیوتیک‌ها حس می‌شود. این مطالعه با هدف تعیین اثر تجویز پروبیوتیک‌های کوروم کوئینچر به‌تنهایی و در ترکیب با اسیدیفایر بوتریک اسید بر تغییرات فراسنجه‌های بیوشیمیایی در بچه ماهیان شانک‌زردباله (*Acanthopagrus arabicus*) انجام شد.

مواد و روش‌ها: ۳۶۰ بچه‌ماهی شانک زرد باله با وزن ۳/۲±۱۵ گرم به‌طور تصادفی در ۸ تیمار آزمایشی قرار گرفتند. هر تیمار ۳ بار تکرار شد. تمام گروه‌ها به‌مدت ۶۰ روز با جیره آزمایشی تغذیه شدند. جیره‌های آزمایشی برای هر تیمار به‌شرح زیر بود: تیمار اول: تغذیه شده با خوراک حاوی ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم جیره(A). تیمار دوم: تغذیه شده *Bacillus cereus* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره(B). تیمار سوم: تغذیه شده *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره (C). تیمار چهارم: تغذیه شده با *Bacillus cereus* و *B. thuringiensis* به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره (D). تیمار پنجم: تغذیه شده *Bacillus cereus* به میزان 10^8 cfu g^{-1} به همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم جیره (E). تیمار ششم: تغذیه شده *B. thuringiensis* به میزان 10^8 cfu g^{-1} به همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم جیره (F). تیمارهفتم: تغذیه شده *Bacillus cereus* و *B. thuringiensis* به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} به‌همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم جیره (G). تیمار شاهد: تغذیه شده با جیره فاقد اسیدیفایرو پروبیوتیک (H). گروه شاهد با غذای تجاری روزانه حاوی ۴۲ درصد پروتئین، شامل ۱۰۰ درصد پودر ماهی تغذیه شدند.

نتایج: در این تحقیق، مصرف جیره حاوی ترکیب پروبیوتیک‌های B1 و B2 به‌همراه بوتیریک اسید (تیمار G) و گروه تغذیه شده با ترکیب پروبیوتیک B1 به‌همراه بوتیریک اسید (تیمار F) باعث افزایش معنی‌دار گلوگز، تری گلیسرید، کلسترول و کراتین فسفوکیناز در سرم ماهیان شده است. هم‌چنین، مقدار پروتئین در سرم ماهیان افزایش یافته، به‌ویژه در تیمارهای حاوی باسیلوس B1، باسیلوس B2 و بوتیریک اسید به تنهایی و ترکیب هر دو پروبیوتیک (تیمار D) نسبت به گروه شاهد. افزایش معنی‌دار آلبومین در گروه‌های حاوی ترکیب باسیلوس‌های B1 وB2 به‌همراه بوتیریک اسید (تیمار D) و گروه‌های B و E نیز مشاهده شده است ($P\leq0/05$). هم چنین، میزان کلسیم در سرم خون ماهیان تغذیه شده با ترکیب پروبیوتیک B2 (تیمار C) نسبت به سایر تیمارها، به‌ویژه گروه شاهد (تیمار H)، بیش‌تر بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، ترکیب پروبیوتیک‌ها با بوتیریک اسید و ترکیب پروبیوتیک‌های B1 و B2 بهبودهای قابل توجهی در شاخص‌های گلوگز، پروتئین، آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسرید، کلسیم و فعالیت آنزیم کراتین فسفوکیناز ایجاد کرده است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
t.mohammadian@scu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ آبان ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۳ آذر ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۷ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۹ اسفند ۱۴۰۳

[Downloaded from www.journaler.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

مقدمه

پرورش آبزیان به‌عنوان یکی از فعالیت‌های مهم تولیدی در بسیاری از کشورهای جهان محسوب می‌شود. چراکه با توجه به افزایش روز افزون جمعیت جهان، این صنعت سهم به‌سزایی در تامین نیازهای غذایی مردم را به‌عهده دارد. در این ارتباط کمبود منابع آب‌شیرین سبب شده که پرورش ماهیان دریایی به یکی از شاخه‌های بسیار مهم و در حال گسترش در صنعت آبزی‌پروری تبدیل شود. در سال ۲۰۲۰ تولید جهانی کل آبزیان ۱۷۸ میلیون تن بود که نسبت به سال ۲۰۱۸ کاهش جزئی یافت، از این مقدار تولید در سال ۲۰۲۰ مقدار ۸۸ میلیون تن معادل ۴۹ درصد مربوط به آبزی پروری است که ۳۳/۶ میلیون تن مربوط به پرورش آبزیان دریایی و ۵۴/۷۸ میلیون تن مربوط به پرورش آبزیان در آب‌های سرزمینی است (۲۷). ماهی شانک زردباله (*Acanthopargus arabicus*) یک گونه دریایی می‌باشد که دارای اهمیت اقتصادی بالا و از بازارپسندی خوبی برخوردار است. این گونه از خانواده شانک ماهیان، با نام انگلیسی Yellowfin seabream می‌باشد (۶۰). این ماهی گونه‌ای ساحلی که در آب‌های کم‌عمق سکونت می‌کند، هم از لحاظ صیادی و هم آبزی‌پروری بسیار اهمیت بالایی دارد، پراکنش این گونه در آسیای شرقی، چین، تایوان، ژاپن و خلیج‌فارس است.این گونه به‌دلیل بومی بودن و مهم‌تر از آن دارا بودن کیفیت گوشت آن، تمایل به پرورش این ماهی از برنامه‌های مهم سازمان شیلات ایران است اما این ماهی دارای اندیس‌های پایین رشدی در مقایسه با سایر رقبا (باس دریایی آسیایی و صبیتی) است. لذا استفاده از مکمل‌های رشدی می‌تواند در بالا بردن عملکرد رشدی این ماهی در محیط‌های پرورشی راهگشا باشد. یکی از اهداف مهم پرورش آبزیان، کاهش ضریب تبدیل غذایی و بهبود کیفیت غذا، تقویت بنیه دفاعی و افزایش رشد آبزیان است. رشد شامل تغییر فزاینده در اندازه، وزن و یا تغییر در محتوای انرژی بدن ماهی است و مهم‌ترین هدف آبزی‌پروری محسوب می‌شود. رشد در بسیاری از جنبه‌های اساسی نظیر زیست شناسی ماهیان، مدیریت و حفاظت ذخایر ماهیان دخیل است. استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده و ضدمیکروبی موفقیت کمی در جلوگیری یا معالجه بیماری‌های آبزیان داشته است.علاوه بر این نگرانی درباره رشد ماهیان در زمان استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها وجود دارد. هم‌چنین استفاده زیاد از آنتی بیوتیک‌ها موجب ظهور مقاومت باکتریایی و مقاومت ژنی باکتری‌ها در برابر آنتی بیوتیک‌ها و ایجاد مقاومت دارویی در ماهیان می‌شود (۲۸). استفاده از اسیدهای آلی به‌عنوان محرک رشد اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. اسیدهای آلی ترکیباتی هستند که به‌طور گسترده در گیاهان و حیوانات وجود داشته و طی فرآیند تخمیر میکروبی تولید می‌شوند. اسیدهای آلی با حفظ pH مناسب دستگاه گوارش سبب بهبود اثر آنزیم‌ها بر مواد غذایی و فراهم شدن مواد غذایی بیش‌تری برای حیوانات پرورشی می‌شوند که نتیجه آن کاهش مواد غذایی جذب نشده برای رشد باکتری‌ها است (۵۷). با توجه به محدودیت سطوح مستعد پرورش و هزینه‌های بالای تهیه خوراک، بی‌تردید جهت بهبود عملکرد ماهیان پرورشی، استفاده از محرک‌های رشد در جیره بسیار راهگشا می‌باشد. با توجه به این‌که یکی از اهداف آبزی پروری، کاهش ضریب تبدیل غذایی و استفاده از غذاهایی با کیفیت بالا و قیمت مناسب است، استفاده از محرک‌های رشد هم‌چون پروبیوتیک‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و اسیدهای آلی و غیره به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. استفاده از داروهای پادزیست مانند آنتی‌بیوتیک‌ها مشکلات زیادی از جمله مقاوم شدن عوامل بیماری‌زا، مسائل زیست محیطی و غیره را به‌دنبال دارد (۴۱). اسیدهای آلی ترکیباتی هستند که بین ۱ تا ۷ اتم کربن دارند و به‌طور گسترده در گیاهان و حیوانات وجود دارند. اسیدبوتیریک با فرمول $C_4H_8O_2$ به‌عنوان یک اسیدچرب کوتاه‌زنجیره با کاربرد فراوان در صنایع شیمیایی، مواد غذایی و دارویی، در حال حاضر عمدتاً از طریق اکسایش سنتز بوتیرالدئید از پروپیلن تولید می‌شود (۴۰، ۴۵، ۶۳). در شرایط بی‌هوازی، اسیدبوتیریک یک متابولیت رایج است که توسط باکتری‌هایی از گونه *Clostridium* مانند: *C. butyricum*، *C. populeti* و *C. thermobutiricum* تولید می‌شود (۳۰، ۶۸) به‌ویژه *Clostridium tyrobutyricum* که یک باکتری شناخته شده با خصوصیات گرم مثبت، اسپوردار و بی‌هوازی اجباری است و از مؤثرترین میکروارگانیسم‌ها برای تولید صنعتی اسید بوتیریک از کربوهیدرات‌های مختلف می‌باشد (۴۳، ۴۵). مزایای اقتصادی این افزودنی‌ها کاهش هزینه خوراک و کاهش طول دوره پرورش و سن عرضه به بازار است. هم‌چنین مشخص شده است که آنیون‌های اسیدی با عناصر کلسیم، فسفر، منیزیم و روی ترکیب شده و باعث افزایش قابلیت جذب این عناصر می‌گردند (۱۷). طی دوره تغذیه فشرده، مانند زمانی که ماهیان در سنین پایین‌تری می‌باشند یا زمانی که غذا دارای سطح پروتئینی زیادی است، غلظت اسیدهیدروکلریک در معده کاهش می‌یابد. این کاهش تاثیر منفی بر فعالیت پپسین و آنزیم‌های ترشحی پانکراس دارد و باعث اختلال در هضم غذا می‌شود. اضافه کردن اسیدی فایر درغذا این مشکل را بهبود بخشیده و با فعال سازی آنزیم‌های پروتئولیتیک، به هضم غذا کمک می‌کند. از سویی دیگر مقدار جذب مواد مغذی مانند کلسیم و هم‌چنین انرژی را افزایش داده و باعث شلاته شدن مواد معدنی و در نتیجه افزایش جذب کلسیم، فسفر و ویتامین‌ها می‌شوند. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که استفاده از مکمل‌های اسیدی‌فایری می‌توانند باعث بهبود فاکتورهای سلامت در ماهیان دریایی شوند (۴، ۱۰، ۳۹، ۵۴). تغییرات در آب استخرهای پرورشی و افزایش متابولیت‌هایی هم‌چون نیترات و مواد آلی نیز

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

می‌تواند تاثیر منفی بر شرایط محیطی استخرهای پرورش ماهی داشته باشد. در نتیجه چنین تغییراتی کاهش عملکرد و افزایش تلفات در فارم‌های آبزیان مشاهده می‌شود. پروبیوتیک‌ها مکمل‌هایی بدون هیچ گونه عارضه جانبی برای پیشگیری از چنین مشکلاتی هستند که تاثیراتشان به کرات در آبزیان ثابت شده است. پروبیوتیک‌های واجد پتانسیل کوئوروم کوئنچینگ، باید دارای یک استراتژی دوگانه منحصر به فرد برای کنترل عوامل بیماریزای مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها و هم‌چنین حمایت میزبان درجهت مثبت شود (۱۲). در زمینه رقابت برای چسبیدن به محل‌های اتصال، باید بیان داشت که حضور پروبیوتیک در مخاط روده می‌تواند تأثیر منفی بر روی اتصال سایر باکتری‌ها از قبیل باکتری‌های بیماری‌زا شود. این رقابت می‌تواند به‌صورت رقابت برای تصاحب مکان، دسترسی به منابع انرژی بیش تر و یا ترکیبی از هر دو باشد (۸). مولکول‌های سیگنال اصلی مورد استفاده توسط باکتری‌های گرم منفی آسیل‌هموسرین‌لاکتون‌ها (AHLs) هستند و با توجه به نقش این سیگنال‌ها در تنظیم بیان حدت، مهار سیستم درک حد نصاب به‌عنوان یک استراتژی جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها در کنترل عفونت‌های میکروبی (و هم‌چنین عفونت‌های میکروبی مقاوم به آنتی‌بیوتیک) بدون ممانعت از رشد آن‌ها در آبزی‌پروری مطرح شده است (۱۵، ۲۰، ۲۱). هم‌چنین با توجه به این‌که مهار سیستم درک حد نصاب موجب فشار انتخابی نمی‌شود، مقاومت عوامل بیماری‌زا به این سیستم نامحتمل است (۲۱). برخی از باکتری‌ها توانایی استفاده از مولکول‌های AHL را به‌عنوان منبع کربن و نیتروژن دارا هستند و می‌توانند به‌عنوان مهارکننده عملکردهای تنظیمی سیستم درک حد نصاب در باکتری‌های بیماری‌زا به‌کار روند (۵۹). آنالیز مکانیسم‌های تولیدکننده و تخریب‌کننده AHLs در فلور میکروبی روده به نحوه عفونت ماهی توسط عوامل بیماری‌زا و شناخت ارتباط بین باکتری‌های روده کمک می‌کند (۴۸). با توجه به استفاده روزافزون گونه‌های پروبیوتیکی و با توجه به این‌که مهار مولکول‌های حد نصاب مانند لاکتون‌های N-آسیل هموسرین که توسط باکتری‌های گرم منفی تولید می‌شود، موجب محافظت آبزیان از عفونت می‌شود، گونه‌های مهارکننده سیستم درک حد نصاب دارای توان پروبیوتیکی می‌توانند به‌عنوان سویه‌های جدید کنترل زیستی در آبزی‌پروری محسوب شوند. فاکتورهای بیوشیمیایی خون به عنوان اولین تغییرات قابل اندازه‌گیری می‌توانند اطلاعات زیادی در رابطه با وضعیت سلامت آبزیان، اثر مواد سمی، ارزیابی اثرات مواد مغذی و مکمل‌های تغذیه‌ای و دارویی در اختیار محققین قرار دهند. به‌طور سنتی تحقیقات آبزی‌پروری بر روی پروبیوتیک‌های (به خصوص لاکتوباسیل‌ها و گونه‌های مختلف باسیلوس‌ها) مستخرج از منابع غیرآبزی نظیر شیر و پنیر صورت گرفته است، اما اخیراً مطالعات پیشنهاد نموده‌اند استفاده از باکتری‌های موجود در بدن خود میزبان با ویژگی‌های پروبیوتیکی عملکرد بهتری دارند. هم چنین مطالعات نشان می‌دهند که پروبیوتیک‌های مستخرج از لوله گوارش میزبان، مقاومت بیش‌تری نسبت به تغییرات اسیدیته در لوله گوارش در مقایسه با پروبیوتیک‌های تجاری دارند (۶، ۵۵). به‌دلیل کمبود اطلاعات موجود درخصوص تأثیرات به تنهایی و یا ترکیب اسیدبوتریک و پروبیوتیک‌های جدا شده از آبزیان در تغذیه ماهی و با توجه به اهمیت پرورش ماهیان دریایی در ایران و جهان، این مطالعه به بررسی تغییرات فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم ماهی شانک زرد باله تحت تأثیر این مکمل‌ها جهت بهبود سلامت این ماهیان پرداخته است.

مواد و روش‌ها

تهیه باکتری‌های باسیلوسی با توان پروبیوتیکی: باکتری‌های با توان پروبیوتیکی مورد استفاده در این تحقیق، شامل باکتری‌های باسیلوس گونه‌های *Bacillus cereus* و *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ می‌باشد که در مطالعات پیشین، توسط Mohammadian و همکاران، از ماهی باس دریایی آسیایی جداسازی شده بود (۴۷).

شرایط نگه‌داری: تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی شانک زرد باله با وزن متوسط حدود ۱۵ گرم از مرکز تکثیر ماهیان دریایی واقع در استان بوشهر تهیه و پس از سازگاری در کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان دریایی در شهر بندر امام خمینی برای این آزمایشات مورد استفاده قرار گرفتند. پس از همدماسازی با آب سالن در تانک ۴۰۰۰ لیتری قرار گرفتند. ماهیان به‌طور تصادفی به ۸ گروه تقسیم شدند و پس از معاینات بالینی و اطمینان از سلامت آن‌ها به‌مدت ۲ هفته قبل از شروع آزمایش جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاهی و محیط پرورشی نگه‌داری شدند و در طول این مدت غذادهی با جیره غذایی گروه شاهد انجام شد. برای گروه‌ها شرایط کنترل شده آزمایشگاهی به صورت یکسان مهیا شد. در این مدت بچه ماهیان به وسیله غذای کنسانتره (پلت خشک) مخصوص سی‌باس (ساخته شده توسط شرکت تعاونی تولیدی بیضاء استان فارس) در سه مرحله و در ساعت‌های ۸، ۱۴ و ۱۹ تا حد سیری و متناسب با درجه حرارت تغذیه شدند . دمای ثابت آب ۲±۲۶ درجه سانتی گراد همراه با تهویه مناسب و pH= ۸-۸/۴ به‌مدت ۶۳ روز نگه‌داری شدند و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب برای تمامی گروه‌ها یکسان بود. در طول مدت نگه‌داری و آزمایش، آب مخزن‌ها به‌میزان ۲۰ درصد حجم آب هر دو روز یک بار از ناحیه کف آکواریوم سیفون و تعویض می‌شد تا مواد دفعی آن‌ها خارج شود (۱۷). جهت اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب از دستگاه کالریمتر هک (مدل ۸۹، شرکت هک، آمریکا) و pHمتر (مدل ۷۸۱، شرکت متروهم، سویس) استفاده شد.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

گروه‌های مورد مطالعه: بچه‌ماهی‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی به ۸ تیمار در سه تکرار به‌طور جداگانه تقسیم، به‌طوری که هر تکرار شامل ۱۵ قطعه بچه‌ماهی شانک زرد باله با وزن ۳/۲±۱۵ گرم باشد. تیمار اول: تغذیه شده با خوراک حاوی ۰/۵ درصد اسید بوتیریک در کیلوگرم خوراک (A). تیمار دوم: تغذیه شده *Bacillus cereus* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره (Probiotic). تیمار سوم: تغذیه شده *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره (Probiotic) (C). تیمار چهارم: تغذیه شده *Bacillus cereus* و *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} در کیلوگرم جیره (Probiotic) (D). تیمار پنجم: تغذیه شده *Bacillus cereus* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} به‌همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم خوراک (E). تیمار ششم: تغذیه شده *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} به‌همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم خوراک (F). تیمار هفتم: تغذیه شده *Bacillus cereus* و *B. thuringiensis* واجد خاصیت کوئوروم کوئنچینگ به‌میزان 10^8 cfu g^{-1} به‌همراه ۰/۵ درصد اسیدبوتیریک در کیلوگرم خوراک (G). تیمار شاهد: تغذیه شده با خوراک فاقد اسیدیفایرو پروبیوتیک (H). طول دوره تحقیق بدون احتساب دو هفته سازگاری، ۶۰ روز بود و در روزهای ۰ و پایان دوره آزمایش ماهی‌ها بیومتری شده و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم ماهی در پایان آزمایش محاسبه گردید.

آماده‌سازی غذا: مواد خشک غذا با استاندارد یکی از کارخانجات غذاسازی و غلظت‌های مختلف باکتری و اسیدیفایر با نسبت‌های از پیش تعیین شده جهت گروه‌های آزمایشی مطابق با دستورالعمل استاندارد مخلوط شدند. به‌منظور ارزیابی اثر پروبیوتیک‌های انتخاب شده به‌تنهایی و همراه با اسیدبوتیریک بر تغییرات بیوشیمیایی ماهی شانک زردباله، باکتری(های) منتخب به‌غذای ماهیان افزوده می‌شود. به‌طور خلاصه هر یک از باکتری‌ها با تلقیح سویه مورد نظر به محیط مایع MRS به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه انکوبه شده و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در دور ۳۰۰۰ سانتریفوژ می‌شوند. پس از سانتریفوژ و جداسازی، باکتری‌ها دو بار با PBS استریل شستشو شدند و با استفاده از لوله‌های مک‌فارلند غلظت مناسب آن‌ها تنظیم گردید. جهت اطمینان از تعداد باکتری‌های زنده موجود در غذا، نمونه‌برداری و شمارش باکتریایی غذای حاصل انجام شد (۴۴). ضمناً مواد خشک غذا با نسبت از پیش تعیین شده اسیدیفایر و پروبیوتیک جهت گروه‌های آزمایشی مطابق با دستورالعمل استاندارد مخلوط شدند و تا زمان استفاده در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری می‌شوند.

تیمارهای غذایی برای گروه‌های مختلف از لحاظ میزان پروتئین و انرژی یکسان بودند (میانگین پروتئین خام ۲±۴۲ درصد) و بر اساس نیازمندی ماهی گوشت‌خوار دریایی در محدوده وزنی حاضر اندازه‌گیری شد.

نمونه‌برداری: به‌منظور ارزیابی اثر اسیدبوتریک و پروبیوتیک‌های درون‌زاد به تنهایی و در ترکیب با هم، در ۶۰ روز پس از تغذیه با جیره‌های آزمایشی از هر تیمار ۹ قطعه ماهی (۳ قطعه ماهی از هر تکرار) خونگیری و جداسازی سرم صورت گرفت. نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردیدند.

اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی خون: اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی سرم با استفاده از کیت‌های تهیه شده از شرکت پارس آزمون و با دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمیایی مدل BT-۱۵۰۰ (ساخت ایتالیا) صورت گرفت.

گلوکز: اندازه‌گیری گلوکز پلاسما براساس روش آنزیمی گلوکز اکسیداز با کیت پارس آزمون صورت گرفت. در این روش، گلوکز موجود در نمونه پلاسما توسط آنزیم اختصاصی گلوکز اکسیداز به گلوکونیک اسید و آب اکسیژنه تبدیل می‌شود. آب اکسیژنه نیز به‌روش تریندر سنجش می‌شود. در واکنش تریندر، آب اکسیژنه با یک فنل و آمینو آنتی پیرن (AAP) و در حضور آنزیم پراکسیداز تشکیل محصول قرمز رنگی به‌نام کینونیمین می‌دهد که در طول موج ۵۱۰ نانومتر رنگ‌سنجی شده و برحسب میزان جذب نوری OD و سطح گلوکز استاندارد و بر اساس فرمول ارائه شده در کاتالوگ محاسبه گردید.

کلسترول: کلسترول براساس روش آنزیمی CHO-PAP صورت گرفت. در این روش، ابتدا استرهای کلسترول توسط آنزیم کلسترول استراز به کلسترول آزاد هیدرولیز می‌شوند. سپس کلسترول در حضور اکسیژن مولکولی اکسید و آب اکسیژنه تولید می‌گردد. سپس آب اکسیژنه به روش تریندر سنجش می‌شود. در واکنش تریندر، آب اکسیژنه با یک فنل و آمینوآنتی پیرن (AAP) و در حضور آنزیم پراکسیداز تشکیل محصول قرمز رنگی به‌نام کینونیمین می‌دهد که در طول موج ۵۱۰ نانومتر رنگ‌سنجی و برحسب میزان جذب نوری OD و سطح کلسترول استاندارد و براساس فرمول ارائه شده درکاتالوگ کیت پارس آزمون محاسبه شد.

کلسیم: کلسیم به روش مستقیم کلریمتریک با ارتوکروزل فتالئین اندازه‌گیری شد. اساس این روش به این صورت است که یون کلسیم در محیط قلیایی، با ارتوکروزول فتالئین، کمپلکس ارغوانی رنگ ایجاد می‌کند که شدت آن متناسب با مقدار کلسیم است.

Calcium+O.cresolphthaleinComplex→Ca-O.cresolphthalein complex

اندازه‌گیری پروتئین تام و آلبومین پلاسما: غلظت ایمنوگلوبولین کل براساس روش شرح داده شده توسط Nayak و همکاران، اندازه‌گیری شد (۳۸). به‌طور خلاصه ابتدا پروتئین تام و آلبومین پلاسما با استفاده

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

از کیت شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر مدل Eurolyser ساخت کشور اتریش اندازه‌گیری شد.

تری‌گلیسرید: اندازه‌گیری تری‌گلیسرید سرم با استفاده از کیت‌های تهیه شده از شرکت پارس آزمون و با دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمیایی مدل BT-۱۵۰۰ (ساخت ایتالیا) صورت گرفت.

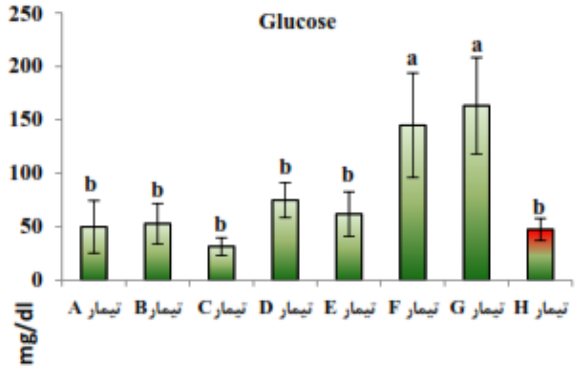
کراتین فسفوکیناز: اندازه‌گیری کراتین فسفوکیناز سرم با استفاده از کیت‌های تهیه شده از شرکت پارس آزمون و با دستگاه اتوآنالایزر بیوشیمیایی مدل BT-1500 (ساخت ایتالیا) صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری: برای انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. قبل از انجام آزمون آنالیزواریانس، نرمال‌بودن داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک و یکنواختی واریانس با آزمون لون بررسی‌شد. برای آنالیز واریانس داده‌های نرمال از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده گردید. برای مقایسه میانگین تیمارهای مختلف از آزمون توکی استفاده شد. حداقل سطح معنی‌دار بودن آزمون‌ها $p\leq ۰/۰۵$ درنظر گرفته شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف از معیار گزارش شد و ارزیابی‌ها در ۳ تکرار صورت گرفت.

نتایج

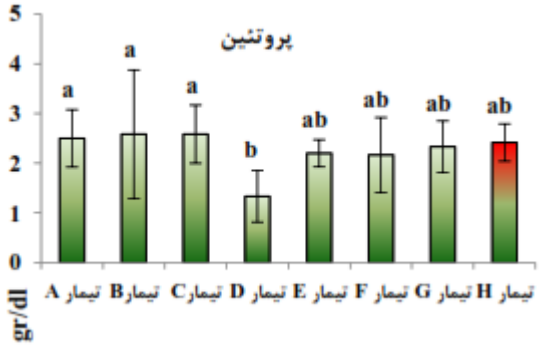
فاکتورهای بیوشیمیایی سرم

گلوکز: در شکل ۱ میزان گلوگز در سرم ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ترکیب هر دو پروبیوتیک B1و B2 به‌همراه بوتیریک‌اسید (تیمار G) و هم‌چنین گروه تغذیه شده با غذای حاوی ترکیب پروبیوتیک B1 به‌همراه بوتیریک اسید (تیمار F) بیش‌ترین میزان را نسبت به سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) داشته‌است ($P\leq ۰/۰۵$).



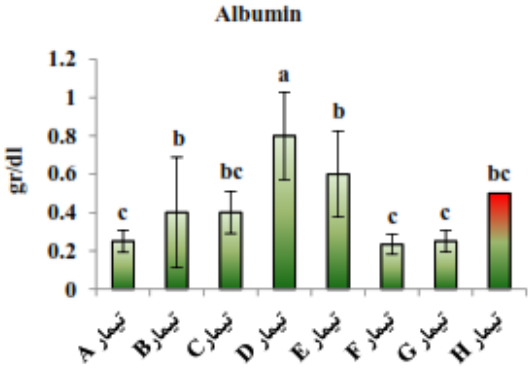
شکل ۱: نمودار میزان فراسنجه گلوکز در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

پروتئین: در شکل ۲ مقادیر پروتئین در سرم ماهیان تغذیه شده با غذای حاوی ترکیب باسیلوس B1 به تنهایی (تیمار C) و گروه باسیلوس B2 به‌تنهایی (تیمار B) و بوتیریک اسید به تنهایی (تیمار A) بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده است ($P\leq ۰/۰۵$). البته در تیمار تغذیه‌شده با ترکیب هر دو پروبیوتیک (تیمار D) نیز مقادیر پروتئین تا حدودی قابل توجه بوده است ($P\leq ۰/۰۵$).



شکل ۲: نمودار میزان فراسنجه پرتئین کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

آلبومین: در شکل ۳ مقادیر آلبومین در سرم ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ترکیب باسیلوس‌های B1 و B2 (تیمار D) بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده‌است ($P\leq ۰/۰۵$). هم‌چنین در تیمارهای گروه۲ (تیمار B) که جیره حاوی پروبیوتیک B2 به‌تنهایی و گروه۶ (تیمار E) با جیره‌دارای پروبیوتیک B1و بوتیریک اسید بوده نسبتاً میزان آلبومین بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده است ($P\leq ۰/۰۵$).



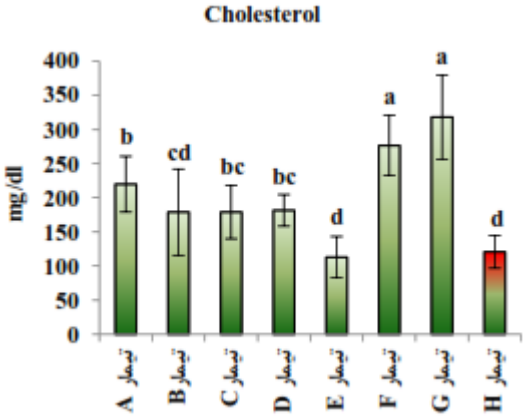
شکل ۳: نمودار میزان فراسنجه آلبومین کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

کلسترول: در شکل ۴ میزان کلسترول در سرم ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ترکیب هر دو پروبیوتیک با اسیدبوتیریک (تیمار G) و گروه ترکیب پروبیوتیک B1 به‌همراه بوتیریک اسید (تیمار F)

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

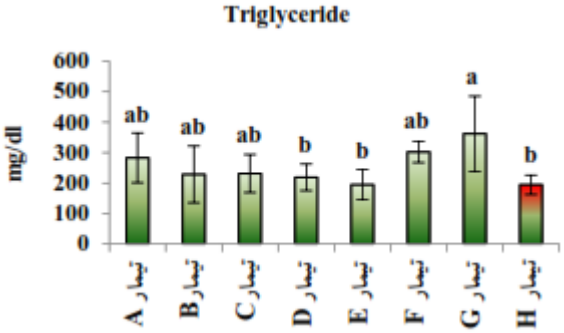
[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده است (P≤۰/۰۵). البته در تیمارA که جیره آن‌ها حاوی ترکیب بوتیریک اسید به تنهایی بود مقادیر کلسترول تا حدودی نسبت به سایر گروه‌های به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بیش‌تر بوده است (P≤۰/۰۵).



شکل ۴: نمودار میزان فراسنجه کلسترول کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

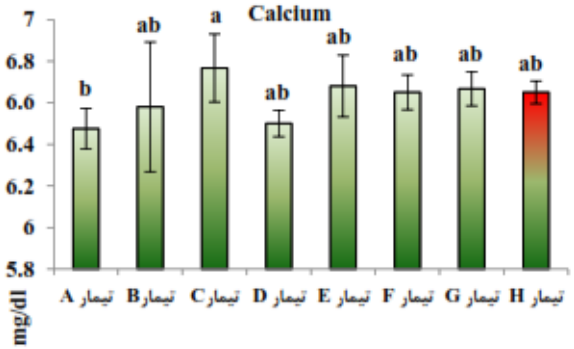
تری‌گلیسرید: درشکل ۵ میزان تری‌گلیسرید درسرم ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ترکیب هردو باسیلوس و بوتیریک‌اسید بود (تیمار G) بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده است (P≤۰/۰۵).



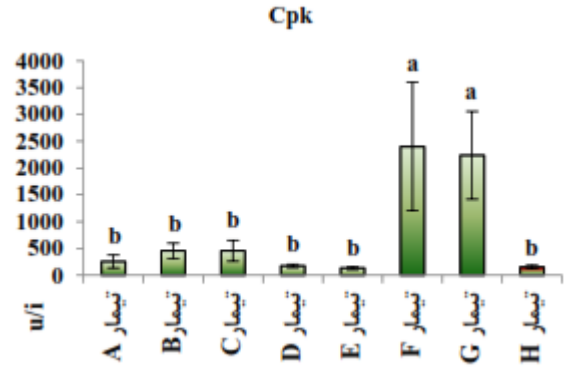
شکل ۵: نمودار میزان فراسنجه تری‌گلیسرید کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

کلسیم: در شکل ۶ میزان کلسیم در سرم‌خون ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌حاوی پروبیوتیک B2 (تیمار C) بیش‌تر از سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بوده است (P≤۰/۰۵).

کراتین فسفوکیناز (CPK): درشکل ۷ فعالیت آنزیم کراتین فسفو کیناز درسرم‌ماهیان تغذیه‌شده‌باجیره‌حاوی‌گروه ترکیب پروبیوتیک‌ها B1 و B2 به همراه بوتیریک اسید (تیمار G) و هم‌چنین تیمار تغذیه شده با ترکیب پروبیوتیک‌های B1 و بوتیریک اسید (تیمار F) نسبت به سایر تیمارهای غذایی به‌خصوص گروه کنترل (تیمار H) بیش‌تر بوده است (P≤۰/۰۵).



شکل ۶: نمودار میزان فراسنجه کلسیم کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله



شکل ۷: نمودار میزان فراسنجه کراتین فسفوکیناز کل در تیمارهای مختلف شانک زرد باله

بحث

با توجه به اهمیت ماهیان دریایی در جهان، تولیدکنندگان خوراک‌های تجاری در تلاشند جیره‌غذایی اختصاصی برای این ماهیان پرورشی با اثر بخشی مثبت، بیابند. استفاده از افزودنی‌های طبیعی در خوراک مانند اسیدی‌فایرها یا سایر اسیدهای آلی و پروبیوتیک‌ها در این صنعت درحال افزایش است. ماهی شانک‌زرد باله گوشت‌خوار بوده و از جیره‌های غذایی با پروتئین بالا تغذیه می‌کند. با توجه به این‌که تمایل به تولید این‌ماهی در کشور زیاد است و با تولید داخلی آن از خروج ارز جلوگیری و به چرخه اقتصاد کمک می‌شود. تعیین سطح گلوکز سرم به‌طورکلی به‌عنوان پارامترهای قابل اعتماد در ارزیابی استرس‌ناشی از عوامل مختلف استرس‌زا عمل می‌کنند (۱۶). افزایش این پارامتر درخصوص مواجهه آبزی با استرس‌های مختلف

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

ازجمله دستکاری سخت (۱۳)، حمل و نقل بی احتیاطانه (۹)، تراکم جمعیت (۱۹)، کاهش اکسیژن (۵۰) و عفونت‌ها (۵۳) گزارش شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان گلوکز در تیمارهای ۶ و ۷ نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشتند. پاسخ ثانویه به استرس بر متابولیسم انرژی، تغییر در مقدار گلوکز و لاکتات است (۶۱). افزایش گلوکز خون در حیواناتی که در شرایط استرس قرار بگیرند، معمول است و یکی از اثرات اصلی ترشح کاتکولامین‌ها و هورمون‌های کورتیکواستروئیدی است. احتمالاً در تیمارهای تغذیه کننده با بوتریک اسید به همراه پروبیوتیک (تیمار ۶ و ۷) با کاهش فعالیت آنزیم گلوکز ۶-فسفاتاز در کبد، کاهش شکست گلیکوژن کبدی و سنتز گلوکز از پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه خارج کبدی مواجه شدیم. اما کاهش گلوکز خون در گروه شاهد و سایر تیمارها ممکن است نشان دهنده عدم اختلال متابولیسم کربوهیدرات به‌واسطه افزایش تجزیه گلیکوژن کبدی باشد که احتمالاً توسط هورمون‌های آدرنوکورتیکو تروپیک و گلوکاگون و کاهش فعالیت انسولین صورت می‌گیرد. با این حال با توجه به کمبود اطلاعات و تحقیقات کافی در زمینه اثرات نمک اسیدهای آلی بر فاکتورهای بیوشیمیایی خون مانند گلوکز تحقیقات بیشتری را در آینده می‌طلبد. برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر Yilmaz و همکاران، افزایش معنی‌داری را در میزان گلوکز ماهیان تغذیه شده با اسید آلی به تنهایی نسبت به گروه شاهد مشاهده کردند (۶۶). دلیل این تفاوت را می‌توان آن به نوع اسید آلی، میزان غلظت استفاده شده و یا به تفاوت دستگاه گوارش ماهیان مورد بررسی، ارتباط داد. آنالیز بیوشیمیایی خون اطلاعات مهمی را در ارتباط با ارزیابی سلامت ماهی و مدیریت ماهیان پرورشی به ما می‌دهد. وضعیت تغذیه‌ای، استرس‌های محیطی، بیماری و حتی پاسخ‌های ایمنولوژیکی می‌تواند با اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی سرم مورد بررسی قرار گیرد (۳۴). هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر Mohammadian و همکاران، با اضافه کردن پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پنتوسوس به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بیان کردند که کاهش معنی‌داری در میزان گلوکز تیمار تغذیه شده با این پروبیوتیک مشاهده گردید، درحالی‌که تغذیه ماهیان با پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلنتاروم باعث افزایش معنی‌دار گلوکز نسبت به سایر تیمارها شد (۴۷)که در تضاد با نتیجه مطالعه حاضر بود. این موضوع می‌تواند بیان کننده رابطه متقابل بین سویه‌های پروبیوتیکی با میزبان باشد. مطالعات متعددی بیان کردند که استفاده از پروبیوتیک‌ها به خصوص لاکتوباسیل‌ها و *Bifidobacterium* spp. سبب کاهش سطح گلوکز خون می‌شود (۷، ۱۸، ۲۳، ۲۹). هم چنین گزارش شده است که گلوکز خون ماهیان دارای تفاوت‌های زیادی بین گونه‌های مختلف و حتی بین افراد یک گونه است. کلسترول مهم‌ترین استروئید موجود در بافت‌های حیوانی است. کلسترولی که همراه با مواد غذایی وارد بدن شود به سهولت جذب می‌شود و میزان کلسترول جذب شده از طریق دستگاه گوارش ارتباط مستقیم با میزان کلسترول غذای مصرفی دارد که البته این ارتباط گاهاً مستقیم نمی‌باشد (۳). کلسترول یکی از اجزای تشکیل دهنده غشای سلولی، لایه بیرونی لیپوپروتئین پلاسما و پیش‌ماده ساخت هورمون‌های استروئیدی است که یا در سلول‌ها سنتز می‌شود و یا از طریق مواد غذایی جذب می‌گردد (۳۵). در مطالعه حاضر میزان کلسترول در تیمار دارای مکمل اسیدیفایر به همراه ترکیب پروبیوتیک‌ها بیش ترین مقدار را دارا بود و تمام تیمارهای پروبیوتیک به تنهایی افزایش معنی‌داری با گروه کنترل نشان دادند. اما در تیمار ۶ نیز کاهش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد. افزایش و کاهش کلسترول خون در ماهی‌های تحت تیمار اسیدیفایر به‌همراه پروبیوتیک (۶، ۷) ممکن است مربوط به تأثیرات منفی یا مثبت پروبیوتیک‌های ضد درک حد نصاب بر سنتز، جذب و متابولیسم کلسترول باشد. تأثیر عملکرد اسیدیفایرها ممکن است به صورت غیرمستقیم (افزایش باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک) بر فعالیت آنزیم HMG CoA ردوکتاز نسبت داده شود که نقش مهمی در بیوسنتز کلسترول دارد که در این زمینه بایستی تحقیقات بیش‌تری صورت گیرد. وجود اسیدهای چرب کوتاه زنجیره حاصل از تخمیر کربوهیدرات‌ها نیز ممکن است متعاقباً موجب کاهش مقادیر سیستمیک لیپیدهای خونی از طریق مهار سنتز کلسترول کبدی و یا انتشار مجدد کلسترول از پلاسما به کبد گردد و در افزایش کلسترول در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه کنترل، مؤثر باشد (۲۴، ۴۹). باکتری‌های پروبیوتیک به‌ویژه باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک می‌توانند در جذب مستقیم کلسترول در روده از طریق عدم اتصال نمک‌های صفراوی دخالت کنند (۵۱).Mohammadian و همکاران، بیان کردند که افزودن پروبیوتیک به جیره غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان سبب کاهش معنی‌دار این پارامتر در تیمارهای مختلف با گروه کنترل می‌شود(۴۷). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، Ye و همکاران، با افزودن پروبیوتیک باسیلوس و پربیوتیک مانان الیگوساکارید به جیره کفشک ماهی ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*)، مشاهده کردند که سطوح مختلف پروبیوتیک و پربیوتیک تاثیری بر میزان کلسترول ندارد اما سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان تری‌گلیسیرید گردید (۶۵). پروتئین یکی از مهم‌ترین پارامترهای خون است که در شناخت مکانیسم بیولوژی و وضعیت سلامت ماهی تحت استرس‌های محیطی مفید است. بیش‌ترین ماده حل شده در پلاسما شامل آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها (IgM) هستند. استفاده از گلوبولین، آلبومین و پروتئین کل در سرم خون ماهیان می‌تواند به‌عنوان شاخصی جهت ارزیابی پاسخ‌های ایمنی در ماهی و بررسی اختلال کبد و کلیه مورد استفاده قرار گیرد (۳۲، ۳۷). در پژوهش حاضر، ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۲

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

باکتری کوروم کوئنچر در ترکیب باهم (تیمار ۴)، دارای پایین‌ترین میزان پروتئین و بالاترین میزان آلبومین کل سرم نسبت به سایر تیمارها بود اما در ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۰/۵ درصد بوتریک اسید به تنهایی و در ترکیب با پروبیتیک، آلبومین کل سرم پایین‌تری نسبت به سایر تیمارها داشته که با مقدار اندازه‌گیری شده پروتئین در سایر گروه‌ها نسبت عکس داشت. هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر Wiegertjes و همکاران، بیان کردند که افزودن پروبیوتیک‌های لاکتوباسیلوس کازئی و بولگاریکوس سبب افزایش میزان پروتئین کل می‌شود (۶۴). در همین راستا، مشاهده شده است که مکمل‌های غذایی حاوی اسیدی‌فایری مختلف مانند اسید مالیک (۳۳) و سدیم دی‌فرمات (۶۲) پروتئین و آلبومین کل سرم را به‌ترتیب در ماهی تیلاپیا نیل و باس دریایی اروپایی افزایش داده است. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، جیره‌های غذایی حاوی مکمل‌های سدیم دی‌فرمات، اسیدهای هیومیک یا سیتریک تأثیری بر پروتئین کل سرم، آلبومین و گلوبولین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۶۷)، ماهی کپور معمولی (۴۲) و کفشک ماهی (Turbot)(۱۷) نداشت. در مطالعه Mohammmadian و همکاران (۴۷) و Saei و همکاران (۵۷) اثر باسیلوس‌های پروبیوتیکی و BioAcid Ultra بر روی بچه ماهی باس دریایی آسیایی و قزل آلا رنگین‌کمان را به‌ترتیب بررسی کردند که نتایج نشان داد که این پروبیوتیک‌ها و اسیدی‌فایر هیچ تاثیری بر پروتئین کل سرم، ندارند که احتمالاً دلیل این اختلاف را می‌توان به تفاوت پروبیوتیک و نحوه تجویز و نوع اسیدیفایر مورد بررسی نسبت داد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره ۰/۵ درصد بوتریک اسید به تنهایی، غلظت سرمی کلسیم پایین‌تری نسبت به سایر تیمارها و گروه کنترل داشتند. اما در تیمارهای بوتریک اسید به همراه پروبیوتیک و پروبیوتیک به‌تنهایی (تیمار ۳) نسبت به تمار بوتریک اسید به‌تنهایی (تیمار ۱) افزایش مقدار کلسیم پلاسما مشاهده شد. نتایج چندین مطالعه نشان داد که حلالیت و قابلیت هضم مواد معدنی با کاهش pH معده افزایش می‌یابد که این امر نیز باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و اصلاح میکروفلور روده می‌شود (۲۵، ۲۷، ۵۸). ریزمغذی‌هایی نظیر کلسیم به‌عنوان کوفاکتور در ساختار برخی آنزیم‌ها و هم‌چنین در ساختار واحدهای ماکرومولکول‌ها و ترکیبات موجود در مایعات بدن استفاده می‌شوند. براساس مطالعه انجام شده توسط Ahire و همکاران بر روی جذب ریزمغذی‌ها در ماهی کاراس طلایی، استفاده از پروبیوتیک‌ها باعث افزایش جذب آن‌ها در روده می‌شود (۵). هم‌چنین پروبیوتیک‌ها باعث افزایش عمق کریپت‌ها در روده و هم‌چنین مستحکم‌تر شدن بافت پوششی روده می‌شوند، در نتیجه باعث افزایش جذب کلسیم می‌گردند. از سوی دیگر، پروبیوتیک‌ها باعث افزایش تولید ویتامین‌های B۱۲، B۶ و K۶ می‌شوند و به جذب املاح معدنی مانند آهن و کلسیم کمک می‌کنند. در مطالعه حاضر در تیمار تغذیه شده پروبیوتیک باسیلوس سرئوس به‌تنهایی (تیمار ۳) بیش‌ترین مقدار کلسیم مشاهده شده که می‌تواند نشان‌گر تاثیر نوع پروبیوتیک بر مقدار کلسیم باشد. در مطالعه Mohammmadian و همکاران، تاثیر مثبت تغذیه ماهی قزل آلای رنگین کمان با پروبیوتیک‌های درون‌زاد بر میزان کلسیم مشاهده شده است (۴۷) که در هم راستا با نتایج مطالعه حاضر بود. شاخص تری‌گلیسیرید جهت ارزیابی متابولیسم چربی در ماهیان استخوانی استفاده می‌شوند و میزان آن‌ها، سوخت و ساز در کبد را نشان می‌دهد. قسمت عمده ساخت تری‌گلیسیرید در کبد بوده و قسمت کمی از آن در سلول‌های بافت چربی انجام می‌شود. تری‌گلیسیرید در بدن عمدتاً انرژی فرآیندهای مختلف متابولیک را تأمین می‌کند. در مطالعه حاضر کم‌ترین میزان تری‌گلیسیرید در انتهای دوره در گروه کنترل مشاهده گردید و اختلاف معنی‌داری را با تیمار تغذیه شده با مخلوط پروبیوتیک‌ها و بوتریک اسید نشان داد. Hosseini و همکاران، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را در سطح کلسترول و تری گلیسیرید مشاهده نکردند (۲) که در تضاد با نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر بود. Mohammmadian و همکاران نیز بیان کردند که افزودن پروبیوتیک به جیره غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب کاهش معنی‌دار این پارامتر در تیمارهای مختلف با گروه کنترل می‌شود (۴۷). Ye و همکاران، باافزودن پروبیوتیک باسیلوس و پربیوتیک مانان الیگوساکارید به جیره کفشک ماهی ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*)، مشاهده کردند که سطوح مختلف پروبیوتیک و پربیوتیک سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان تری‌گلیسیرید گردید (۶۵). Cpk اغلب به عنوان بیومارکر پراکسیداسیون پروتئین که به‌دلیل تعامل ROS با پروتئین‌ها است، شناخته می‌شود (۴۵) دناتوره شدن پروتئین‌ها و آنزیم‌های عملکردی می‌تواند بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژی سلولی را مختل کند. لذا استفاده از پروبیوتیک‌ها می‌تواند از اکسیداسیون لیپیدی به‌دلیل مواجهه با انواع استرس‌های محیطی و تغذیه‌ای جلوگیری کند. Jeon و همکاران، گزارش کردند که خواص آنتی اکسیدانی در صورت استفاده به‌صورت ترکیبی با سایر مواد مثل ویتامین‌ها کارآمدتر است و می‌تواند به طور مؤثر اکسیداسیون لیپید را به‌عنوان مانعی در برابر نفوذ اکسیژن کاهش دهد (۳۶). در ماهی کپور معمولی که با رژیم غذایی همراه با کیتوزان و ویتامین C تغذیه شده بود، افزایش اثربخشی سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهیانی را که در معرض آب آلوده با کلرید کادمیوم قرار گرفتند با سنجش میزان آلانین آمینوترانسفراز، ALT، CPK و فعالیت کاتالاز گزارش کردند (۱۱) در تحقیق حاضر تمامی مقادیر محاسبه شده برای Cpk در تیمار ترکیب ۲ پروبیوتیک کوروم کوئنچر و بوتریک اسید (تیمار ۷) از مقدار محاسبه شده برای سایر گروه‌ها بیش‌تر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

استفاده از پروبیوتیک‌ها به همراه اسیدیفایر می‌تواند باعث افزایش مقدار Cpk شوند (۴۷). باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که تغذیه با مخلوط پروبیوتیک‌ها و اسیدبوتریک‌نسبت به تغذیه با پروبیوتیک‌ها و اسید بوتریک به‌صورت مجزا تاثیر بهتری برروی عمده فاکتورهای بیوشیمیایی خون دارد و می‌توان با تجویز مخلوط اسیدی‌فایرو پروبیوتیک نسبت به ترکیب مجزای هرکدام از این‌ها، نتیجه بهتری را نیز کسب کرد.

تشکر و قدردانی

این کار با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره قرارداد پژوهانه: SCU.V1401.299) و قطب علمی ماهیان گرمابی، دانشگاه شهیدچمران اهواز تأمین شد. نویسندگان این تحقیق از دستورالعمل‌های دانشگاهی تبعیت کردند و آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل اخلاقی حیوانات آزمایشگاهی انجام پذیرفت.

منابع

1. **Mohammadian, T., Momeni, H., Mesbah, M., Tabandeh, M.R. and Khosravi, M., 2020.** Effect of different levels of dietary acidifier “sodium diformate” on the innate immune system and expression of growth and immunological related genes in *Salmo trutta caspius*. Aquaculture Nutrition. 26(6): 2074-2085. https://doi.org/10.1111/anu.13148

2. **Hosseini, S.A., Alishahi, M., Rastiannasab, A., Salahi Ardakani, M.M. and Mohammadpour, M., 2023.** The effect of bivalent vaccine, streptococcus/yersinios on some of the blood and Immunologic factors in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Animal Environment. 15(1): 213-220. (In Persian) doi: 10.22034/AEJ.2021.268851.2451

3. **Alishahi, M., Gholami, S. and Feli, F., 2021.** Antiparasitic effects of *Lawsonia inermis*, *Satureja khuzestanica* and *Citrullus colocynthis* on fish parasite: Ichthyophthirius multifiliis. Journal of Animal Environment. 13(4): 185-192. (In Persian) doi: 10.22034/AEJ.2021.261673.2427

4. **Aalamifar, H., 2020.** Dietary butyric acid improved growth, digestive enzyme activities and humoral immune parameters in Barramundi (*Lates calcarifer*). Aquaculture Nutrition. 26(1): 156-164. https://doi.org/10.1111/anu.12977

5. **Ahire, J.J., Mokashe, N.U. and Chaudhari, B.L., 2019.** Effect of dietary probiotic *Lactobacillus helveticus* on growth performance, antioxidant levels, and absorption of essential trace elements in goldfish (*Carassius auratus*). Probiotics and antimicrobial proteins. 11(2): 559-568. doi: 10.1007/s12602.018.9428.5

6. **Ahmadifar, E., Moghadam, M.S., Dawood, M.A. and Hoseinifar, S.H., 2019.** *Lactobacillus fermentum* and/or ferulic acid improved the immune responses, antioxidative defence and resistance against *Aeromonas hydrophila* in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Fish & shellfish immunology. 94: 916-923. doi: 10.1016/j.fsi.2019.10.019

7. **Al-Dohail, M.A., Hashim, R. and Aliyu-Paiko, M., 2011.** Evaluating the use of *Lactobacillus acidophilus* as a biocontrol agent against common pathogenic bacteria and the effects on the haematology parameters and histopathology in African catfish Clarias gariepinus juveniles. Aquaculture Research. 42(2): 196-209. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02606.x

8. **Ansari, R., Gul, B., Khan, D.J. and Weber, M.A., 2007.** Potential of halophytes as source of edible oil. Journal of Environment Environments. 68(2): 315-321. (In Persian)

9. **Barton, B.A., Schreck, C.B. and Barton, L.D., 1987.** Effects of chronic cortisol administration and daily acute stress on growth, physiological conditions, and stress responses in juvenile rainbow trout. Diseases of aquatic organisms. 2(3): 173-185.

10. **Bhatt, S., Gething, P.W., Brady, O.J., Messina, J.P., Farlow, A.W., Moyes, C.L. and Hay, S.I., 2013.** The global distribution and burden of dengue. Nature. 496(7446): 504-507. doi: 10.1038/nature12060

11. **Banaee, M., Mehrpak, M., Hagi, B.B.N. and Noori, A., 2015.** Amelioration of cadmium-induced changes in biochemical parameters of the muscle of Common Carp (*Cyprinus carpio*) by Vitamin C and Chitosan. International Journal of Aquatic Biology. 3(6): 362-371.

12. **Boopathi, S., 2017.** Stigmatellin Y-An anti-biofilm compound from Bacillus subtilis BR4 possibly interferes in PQS-PqsR mediated quorum sensing system in Pseudomonas aeruginosa. Bioorganic & medicinal chemistry letters. 27(10): 2113-2118. doi: 10.1016/j.bmcl.2017.03.074

13. **Carmichael, G.J., Wedemeyer, G.A., McCraren, J.P. and Millard, J.L., 1983.** Physiological effects of handling and hauling stress on smallmouth bass. The Progressive Fish-Culturist. 45(2): 110-113. https://doi.org /10.1577/1548-8659

14. **Cheng, P., Ji, B., Gao, L., Zhang, W., Wang, J. and Liu, T., 2013.** The growth, lipid and hydrocarbon production of *Botryococcus braunii* with attached cultivation. Bioresource technology. 138: 95-100. doi: 10.1016/j.biortech.2013.03.150

15. **Chu, W., Liu, Y., Hu, Y., Zhang, J., Zhong, L. and Chi, S., 2020.** Sodium butyrate supplementation in high soybean meal diets for juvenile rice field eel

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

(*Monopterus albus*): Effects on growth, immune response and intestinal health. Aquaculture. 88: 65-75. doi: 10.1016/j.fsi.2019.02.064

16. **Costas, B., Aragão, C., Dias, J., Afonso, A. and Conceição, L.E., 2013.** Interactive effects of a high quality protein diet and high stocking density on the stress response and some innate immune parameters of Senegalese sole Solea senegalensis. Fish Physiology and Biochemistry. 39(5): 1141-1151. doi: 10.1007/s10695-013-9770-1

17. **Dai, J., Li, Y., Yang, P., Liu, Y., Chen, Z., Ou, W. and Mai, K., 2018.** Citric acid as a functional supplement in diets for juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L.: Effects on phosphorus discharge, growth performance, and intestinal health. Aquaculture. 495: 643-653. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.004

18. **Das, A., Paul, T., Ghosh, P., Halder, S.K., Das Mohapatra, P.K., Pati, B.R. and Mondal, K.C., 2015.** Kinetic study of a glucose tolerant β-glucosidase from Aspergillus fumigatus ABK9 entrapped into alginate beads. Waste and Biomass Valorization. 6: 53-61. doi: 10.1007/s12649-014-9329-0

19. **Defoirdt, T., Boon, N., Bossier, P. and Verstraete, W., 2004.** Disruption of bacterial quorum sensing: an unexplored strategy to fight infections in aquaculture. Aquaculture. 240(1-4): 69-88. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.06.031

20. **Defoirdt, T., Boon, N., Sorgeloos, P., Verstraete, W. and Bossier, P., 2007.** Alternatives to antibiotics to control bacterial infections: luminescent vibriosis in aquaculture as an example. Trends in biotechnology. 25(10): 472-479. doi: 10.1016/j.tibtech.2007.08.001

21. **Defoirdt, T., Boon, N., Sorgeloos, P., Verstraete, W. and Bossier, P., 2008.** Quorum sensing and quorum quenching in Vibrio harveyi: lessons learned from in vivo work. The ISME journal. 2(1): 19-26. doi: 10.1038/ismej.2007.92

22. **De las Heras, V., Martos-Sitcha, J.A., Yúfera, M., Mancera, J.M. and Martínez-Rodríguez, G., 2015.** Influence of stocking density on growth, metabolism and stress of thick-lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) juveniles. Aquaculture. 448: 29-37. doi: 10.1016/j.aquaculture.2015.05.033

23. **Di Cagno, R., De Angelis, M., Limitone, A., Minervini, F., Carnevali, P., Corsetti, A. and Gobbetti, M., 2006.** Glucan and fructan production by sourdough *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54(26): 9873-9881. doi: 10.1021/jf061393

24. **Djoussé, L., Rothman, K.J., Cupples, L.A., Levy, D. and Ellison, R.C., 2003.** Effect of serum albumin and bilirubin on the risk of myocardial infarction (the Framingham Offspring Study). American Journal of Cardiology. 91(4): 485-488. doi: 10.1016/s0002-9149(02)03256-3

25. **Edwards 3rd, H.M., Fernandez, S.R. and Baker, D.H., 1999.** Maintenance lysine requirement and efficiency of using lysine for accretion of whole-body lysine and protein in young chicks. Poultry Science. 78(10): 1412-1417. doi: 10.1093/ps/78.10.1412

26. **El-Fattah, A., El-Sanhoury, S.A., El-Mednay, M.H. and Abdel-Azeem, N.M., 2008).** Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. Int. J. Poult. Sci. 7(3): 215-222. doi: 10.3923/ijps.2008.215.222

27. **Boyd, C.E., Aaron, A., McNevin, K. and Robert, P.D., 2022.** The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. Food security. 14(3): 805-827. doi: 10.1007/s12571-021-01246-9

28. **Tacon, A.G.J., 2006.** Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. No. 1018. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

29. **Falcinelli, S., Rodiles, A., Hatef, A., Picchietti, S., Cossignani, L., Merrifield, D.L. and Carnevali, O., 2018.** Influence of probiotics administration on gut microbiota core: a review on the effects on appetite control, glucose, and lipid metabolism. Journal of Clinical Gastroenterology. 52: S50-S56. doi: 10.1097/MCG.0000000000001064

30. **Fayolle, F., Rémy, M. and Ballerini, D., 1990.** Effect of controlled substrate feeding on butyric acid production by Clostridium tyrobutyricum. Journal of industrial microbiology. 6: 179-183. doi: 10.1007/BF01577693

31. **Fu, F., Sun, F., Lu, X., Song, T., Ding, J., Gao, R. and Pei, C., 2019.** A novel potential biomarker on Y263 site in human serum albumin poisoned by six nerve agents. Journal of Chromatography B. 1104: 168-175. doi: 10.1016/j.jchromb.2018.11.011

32. **Ghose, C., Kalsy, A., Sheikh, A., Rollenhagen, J., John, M., Young, J. and Ryan, E.T., 2007.** Transcutaneous immunization with Clostridium difficile toxoid A induces systemic and mucosal immune responses and toxin A-neutralizing antibodies in mice. Infection and immunity. 75(6): 2826-2832. doi: 10.1128/IAI.00127-07

33. **Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Adnan, A.M., Abd Elnabi, H.E., Ayman, M.F., Soltan, M.A. and El-Haroun, E.R., 2020.** Effect of dietary protease at different levels of malic acid on growth, digestive enzymes and haemato-immunological responses of Nile tilapia, fed fish meal free diets. Aquaculture. 522: 735124. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735124

34. **Hossain, M.S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Sony, N.M., Dawood, M.A. and Fujieda, T., 2016.**

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

Technology. 38(3-4): 521-528. doi: 10.1016/j.enzmictec.2005.07.008

44. **Liu, C.L., Wang, Y.J., Zeng, R.C., Zhang, X.M., Huang, W.J. and Chu, P.K., 2010.** In vitro corrosion degradation behaviour of Mg-Ca alloy in the presence of albumin. Corrosion Science. 52(10): 3341-3347. doi: 10.1016/j.corsci.2010.06.003

45. **Liu, J., Yang, T., Wang, D.W., Lu, G.Q., Zhao, D. and Qiao, S.Z., 2013.** A facile soft-template synthesis of mesoporous polymeric and carbonaceous nanospheres. Nature communications. 4(1): 2798. doi: 10.1038/ncomms3798

46. **Mohammadian, T., Monjezi, N., Peyghan, R. and Mohammadian, B., 2022.** Effects of dietary probiotic supplements on growth, digestive enzymes activity, intestinal histomorphology and innate immunity of common carp (*Cyprinus carpio*): a field study. Aquaculture. 549(4): 737787. doi: 10.1016/j. aquaculture. 2021.737787

47. **Mohammadian, T., Ghanei-Motlagh, R., Jalali, M., Nasirpour, M., Mohtashamipour, H., Osroush, E. and Nejad, A.J.,** Accepted Author Version of the Manuscript: Protective effects of non-encapsulated and microencapsulated *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to lead (Pb) via diet. Probiotics Antimicrob Proteins. 12(2): 375-388. doi: 10.1007/s12602-019-09544-7

48. **Morohoshi, T., Ebata, A., Nakazawa, S., Kato, N. and Ikeda, T., 2005.** N-acyl homoserine lactone-producing or-degrading bacteria isolated from the intestinal microbial flora of ayu fish (*Plecoglossus altivelis*). Microbes and environments. 20(4): 264-268. doi: 10. 1264/jsme2.20.264

49. **Navidmehr, J., Zibaei, S., Salehmoghadam, M. and Fahimi Moghaddam, F., 2011.** Study on possibility of using dry milk as cholesterol source instead of horse serum for cultivation of Ureaplasma urealyticum. Iranian Journal of Medical Microbiology. 4(4): 21-29. (In Persian)

50. **Ni, J., Wang, G., Yang, J., Gao, D., Chen, J., Gao, L. and Li, Y., 2014.** Carbon nanotube-wired and oxygen deficient MoO3 nanobelts with enhanced lithium-storage capability. Journal of Power Sources. 247: 90-94. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.08.068

51. **Ooi, L.G. and Liong, M.T., 2010.** Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of in vivo and in vitro findings. International journal of molecular sciences. 11(6): 2499-2522. doi: 10.3390/ijms11062499

52. **Partanen, K.H. and Zdzislaw, M., 1999.** Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutrition research reviews. 12(1): 117-145. doi: 10.1079/095442299108728884

Efficacy of nucleotide related products on growth, blood chemistry, oxidative stress and growth factor gene expression of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture. 464(3): 8-16. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.06.004

35. **Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Merrifield, D.L., Amiri, B.M., Yelghi, S. and Bastami, K.D., 2011.** The study of some haematological and serum biochemical parameters of juvenile beluga (*Huso huso*) fed oligofructose. Fish physiology and biochemistry. 37(1): 91-96. doi: 10.1007/s10695-010-9420-9

36. **Jeon, S.M., Bok, S.H., Jang, M.K., Kim, Y.H., Nam, K.T., Jeong, T.S. and Choi, M.S., 2002.** Comparison of antioxidant effects of naringin and probucol in cholesterol-fed rabbits. Clinica Chimica Acta. 317(1-2): 181-190. doi: 10.1016/s0009-8981(01)00778-1

37. **Kavitha, P. and Rao, J.V., 2008.** Toxic effects of chlorpyrifos on antioxidant enzymes and target enzyme acetylcholinesterase interaction in mosquito fish, *Gambusia affinis*. Environmental toxicology and pharmacology. 26(2): 192-198. doi: 10.1016/j.etap.2008.03.010

38. **Keck, R., Nayak, N., Lerner, L., Raju, S., Ma, S., Schreitmueller, T. and Jones, A., 2008.** Characterization of a complex glycoprotein whose variable metabolic clearance in humans is dependent on terminal N-acetylglucosamine content. Biologicals. 36(1): 49-60. doi: 10.1016/j.biologicals.2007.05.004

39. **Khosravi, M., Sotoudeh, G., Amini, M., Raisi, F., Mansoori, A. and Hosseinzadeh, M., 2020.** The relationship between dietary patterns and depression mediated by serum levels of Folate and vitamin B12. BMC psychiatry. 20: 1-8. doi: 10.1186/s12888-020-2455-2

40. **Krasňan, V., Stloukal, R., Rosenberg, M. and Rebroš, M., 2016.** Immobilization of cells and enzymes to LentiKats®. Applied microbiology and biotechnology. 100(6): 2535-2553. doi: 10.1007/s00253-016-7283-4

41. **Knudsen, K.E.B., Serena, A., Canibe, N. and Juntunen, K.S., 2003.** New insight into butyrate metabolism. Proceedings of the Nutrition Society. 62(1): 81-86. doi: 10.1079/PNS2002212

42. **Krome, C., Schuele, F., Jauncey, K. and Focken, U., 2018.** Influence of a sodium formate/formic acid mixture on growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) fed different fishmeal replacement levels of detoxified Jatropha curcas kernel meal in practical, mixed diets. Journal of Applied Aquaculture. 30(2): 137-156. doi: 10.1080/10454438.2017.1412845

43. **Liu, X., Zhu, Y. and Yang, S.T., 2006.** Butyric acid and hydrogen production by Clostridium tyrobutyricum ATCC 25755 and mutants. Enzyme and Microbial

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]

seabass (*Dicentrarchus labrax*)? Effect on growth performance and health status. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 43(3): 229-234. doi: 10.1016/j.ejar. 2017.09.005

63. **Wei, H. and Erkang, W., 2013.** Nanomaterials with enzyme-like characteristics (nanozymes): next-generation artificial enzymes. Chemical Society Reviews. 42(14): 6060-6093. https://doi.org/10.1039/C3CS35486E

64. **Wiegertjes, G.F., Stet, R.M., Parmentier, H.K. and van Muiswinkel, W.B., 1996.** Immunogenetics of disease resistance in fish: a comparative approach. Developmental & Comparative Immunology. 20(6): 365-381. doi: 10.1016/s0145-305x(96)00032-8

65. **Ye, J. and DeBose-Boyd, R.A., 2011.** Regulation of cholesterol and fatty acid synthesis. Cold Spring Harbor perspectives in biology. 3(7): a004754. doi: 10.1101/ cshperspect.a004754

66. **Yilmaz, S., Ergün, S. and Yıgıt, M., 2018.** Effects of dietary Farmarin® XP supplement on immunological responses and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 496: 211-220. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.07.024

67. **Zigová, J., 1999.** Butyric acid production by Clostridium butyricum with integrated extraction and pertraction. Process Biochemistry. 34(8): 835-843. doi: 10.1016/S0 032-9592(99)00007-2

53. **Prabu, D.L., Sahu, N.P., Pal, A.K., Dasgupta, S. and Narendra, A., 2016.** Immunomodulation and interferon gamma gene expression in sutchi cat fish, *Pangasianodon hypophthalmus*: effect of dietary fucoidan rich seaweed extract (FRSE) on pre and post challenge period. Aquaculture research. 47(1): 199-218. doi: 10.1111/are.12482

54. **Reyshari, A., 2019.** Effects of sodium diformate on growth performance, gut microflora, digestive enzymes and innate immunological parameters of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) juveniles. Aquaculture Nutrition. 25(5): 1135-1144. doi: 10.1111/anu.12929

55. **Ringø, E., Hoseinifar, S.H., Ghosh, K., Doan, H.V., Beck, B.R. and Song, S.K., 2018.** Lactic acid bacteria in finfish-An update. Frontiers in microbiology. 9: 1818. doi: 10.3389/fmicb.2018.01818

56. **Saei, M.M., Beiranvand, K., Taee, H.M. and Nekoubin, H., 2016.** Effects of different levels of BioAcid Ultra on growth performance, survival, hematologichal and biochemical parameters of fingerlings rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Aquaculture Research and Development. 7(455): 1-5. doi: 10.4172/2155-9546.1000455

57. **Stangl, G.I., Ulrich, E. and Manfred, K., 1998.** Nickel deficiency alters nickel flux in rat everted intestinal sacs. Biological trace element research. 61: 253-262. doi: 10.1093/jn/126.10.2466

58. **Swiatkiewicz, S. and Arczewska-Wlosek, A., 2012.** Prebiotic fructans and organic acids as feed additives improving mineral availability. World's Poultry Science Journal. 68(2): 269-279. doi: 10.1017/S0043933912000 323

59. **Tinh, N.T.N., Asanka Gunasekara, R.A.Y.S., Boon, N., Dierckens, K., Sorgeloos, P. and Bossier, P., 2007.** N-acyl homoserine lactone-degrading microbial enrichment cultures isolated from *Penaeus vannamei* shrimp gut and their probiotic properties in *Brachionus plicatilis* cultures. FEMS microbiology ecology. 62(1): 45-53. doi: 10.1111/j.1574-6941.2007.00378.x

60. **Vahabnezhad, A. and Taghavimotlagh, S.A., 2017.** Growth pattern and reproductive biology of *Acanthopagrus latus* from the Persian Gulf. Journal of Survey in Fisheries Sciences. 4(1)18-28. doi: 10.18331/ SFS2017.4.1.3

61. **Van Waarde, A., Van Dijk, P., Van Den Thillart, G., Verhagen, M., Erkelens, C., Bonga, S.W. and Lugtenburg, J., 1990.** 31P-NMR studies on acid-base balance and energy metabolism of acid-exposed fish. Journal of experimental biology. 154(1): 223-236. doi: 10.1242/jeb.154.1.223

62. **Wassef, E.A., Abdel-Momen, S.A.G., Saleh, N.E.S., Al-Zayat, A.M. and Ashry, A.M., 2017.** Is sodium diformate a beneficial feed supplement for European

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/AER.1.1.75]