Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

The effect of Propionic acid on growth performance, digestive enzyme activities and blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio*)

Reza Nahavandi[1], Saeid Tamadoni Jahromi[*2], Ali Sadeghi[3], Siamak Behzadi[4], Mohammad Khalil Pazir[5], Sajjad Pormozaffar[*6], Younes Abdollahzadeh[7]

1. Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: rezanahavandi91@gmail.com
2. Corresponding Author, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran. E-mail: stamadoni@gmail.com
3. Dept. of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: sadeghi.a_shilat@yahoo.com
4. Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran. E-mail: siamakbehzady@gmail.com
5. Iranian Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran. E-mail: dr.pazir@gmail.com
6. Corresponding Author, Persian Gulf Mollusks Research Station, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e-Lengeh, Iran. E-mail: sajjad5550@gmail.com
7. Dept. of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: abdollahzadeh1@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.04.2022
Revised: 11.16.2022
Accepted: 11.26.2022

Keywords:
Amylase,
Blood indices,
Common carp,
Organic acid,
Protease

ABSTRACT

The effects of formic acid on growth performance, blood indices, and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) were examined over 60 days. The common carp (mean weight of 10±0.11 g) were randomly allocated to four experimental treatments with three replications (25 pieces in each replication) including control treatment (no propionic acid) and three treatments which received formic acid (0.5, 1, 1.5 gr/kilogram diet). The results indicated that growth parameters (final weight, weight gain, specific growth rate, condition factor, and FCR) were significantly different between the control and experimental treatments. The final weight, weight gain, specific growth rate, and condition factor in the propionic acid treatments had a significant increase compared to the control group ($P<0.05$). The results of study showed that no significant difference in blood parameters were observed between treatments ($P>0.05$). The highest lipase activity (21.73±1.18 U/L) was observed in 1 g/kg propionic acid group ($P<0.05$). Moreover, the highest protease (303.15±4.16 U/L) and amylase activities (650.26±10.05 U/L) were recorded in 1.5 g/kg propionic acid group ($P<0.05$). According to obtained results, inclusion of propionic acid in common carp diet had a positive effect on the improvement of growth performance and digestive enzyme activities; therefore, a diet containing 1.5 g/kg propionic aid proposed to enhance growth performance and digestive enzyme activity of common carp.

Cite this article: Nahavandi, Reza, Tamadoni Jahromi, Saeid, Sadeghi, Ali, Behzadi, Siamak, Pazir, Mohammad Khalil, Pormozaffar, Sajjad, Abdollahzadeh, Younes. 2023. The effect of Propionic acid on growth performance, digestive enzyme activities and blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (3), 111-122.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20643.1710
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

تأثیر پروپیونیک اسید بر عملکرد رشد، شاخص‌های خون‌شناسی و آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

رضا نهاوندی[۱]، سعید تمدنی جهرمی[*۲]، علی صادقی[۳]، سیامک بهزادی[٤]، محمد خلیل پذیر[٥]، سجاد پورمظفر[*٦]، یونس عبدالله‌زاده[۷]

۱. مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: rezanahavandi91@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: stamadoni@gmail.com
۳. گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: sadeghi.a_shilat@yahoo.com
٤. پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران. رایانامه: siamakbehzady@gmail.com
٥. پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بوشهر، ایران. رایانامه: dr.pazir@gmail.com
٦. نویسنده مسئول، ایستگاه تحقیقات نرمتنان خلیج‌فارس، پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرلنگه، ایران. رایانامه: sajjad5550@gmail.com
۷. گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: abdollahzadeh1@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۷/۱۲
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۸/۲٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۹/۰٥

واژه‌های کلیدی:
اسیدآلی،
آمیلاز،
پروتئاز،
شاخص خونی،
کپور معمولی

چکیده

پروبوتیک‌ها باکتری‌های مفیدی می‌باشند که حیوان میزبان خود را علیه پاتوژن‌های باکتریایی مضر حفظ می‌کنند. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثرات پروپیونیک اسید بر شاخص‌های رشد، شاخص‌های خونی و آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به‌مدت ٦۰ روز صورت گرفت. بچه‌ماهیان کپور معمولی (با میانگین وزن اولیه ۰/۱۱±۱۰/۰۰ گرم) در یک طرح کاملاً تصادفی به ٤ تیمار آزمایشی با اضافه کردن مقادیر ۰ (شاهد)، ۰/٥، ۱ و ۱/٥ گرم پروپیونیک اسید به هر کیلوگرم جیره، تقسیم شدند. نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد (وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی) بین تیمار شاهد با تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت ($P<۰/۰٥$). وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید نسبت به گروه شاهد افزایش داشته است ($P<۰/۰٥$). هم‌چنین نتایج نشان داد که در میان شاخص‌های خونی بررسی شده، بین تیمار شاهد با تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰٥$). هم‌چنین نتایج آزمایش نشان داد که فعالیت آنزیم‌های گوارشی (لیپاز، پروتئاز و آمیلاز) بین تیمار شاهد با

تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). آنزیم‌های لیپاز، پروتئاز و آمیلاز در تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید نسبت به گروه شاهد افزایش داشته است (P<۰/۰۵). بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های لیپاز (۱/۱۸ ± ۲۱/۷۳ واحد بر لیتر) در تیمار حاوی ۱ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره مشاهده شد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های پروتئاز (٤/١٦ ± ۳۰۳/۱۵ واحد بر لیتر) و آنزیم آمیلاز (۱۰/۰۵ ± ٦٥٠/٢٦ واحد بر لیتر) در تیمار حاوی ۱/۵ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره ثبت شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، افزودن پروپیونیک اسید در جیره غذایی اثر مثبت در بهبود عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی کپور معمولی داشت، بنابراین افزودن پروپیونیک اسید به میزان ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم غذا جیره غذایی ماهی کپور به منظور بهبود عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های گوارشی توصیه می‌گردد.

استناد: نهاوندی، رضا، تمدنی جهرمی، سعید، صادقی، علی، بهزادی، سیامک، پذیر، محمد خلیل، پورمظفر، سجاد، عبدالله‌زاده، یونس (۱۴۰۲). تأثیر پروپیونیک اسید بر عملکرد رشد، شاخص‌های خون‌شناسی و آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۳)، ۱۲۲-۱۱۱.
DOI: 10.22069/japu.2022.20643.1710

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

آبزی‌پروری به شدت و به طور قابل‌ملاحظه‌ای به مواد مغذی که به‌عنوان خوراک برای تولید مؤثر آبزیان پرورشی استفاده می‌شوند وابسته است. یکی از راهبردها برای بهبود عملکرد و سلامت ماهیان، استفاده از مکمل‌های غذایی مانند اسیدآمینه، آنتی‌بیوتیک و اسیدهای آلی جهت کاهش ضریب تبدیل غذایی است (۱). افزودنی‌های غذایی اجزای غیرمغذی هستند که در فرموله کردن جیره برای تأثیرگذاری بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خوراک، در جهت بهبود عملکرد آبزیان در نظر گرفته می‌شوند (۲). استفاده از آنتی‌بیوتیک در تغذیه ماهی رشد، تبدیل غذایی و نرخ بقای آن‌ها را بهبود می‌بخشد. با این وجود استفاده از آنتی‌بیوتیک باعث ایجاد مقاومت در برابر فلور میکروبی می‌شوند که ممکن است منجر به ایجاد مقاومت در بین انسان شوند. بنابراین پژوهش‌گران روی افزودنی‌های جایگزین مانند اسیدهای آلی، گیاهان دارویی، آنزیم‌ها و اسانس‌ها تمرکز کرده‌اند، از جمله اسیدهای الی زنجیره کوتاه و نمک‌هایشان که به دلیل اثرات مفید در نگهداری و حفظ خوراک و به عنوان مکمل غذایی حیوانات توجه خاص پژوهش‌گران را به خود جلب کرده‌اند (۳).

موفقیت استفاده از اسیدهای آلی در عملکرد ماهیان به شدت متغیر است و به عوامل بسیاری از جمله گونه ماهی، سن، انواع و سطوح اسیدهای آلی مورد استفاده بستگی دارد. اسیدهای آلی، دسته‌ای از ترکیبات کربوکسیل دار یا ساختار کلی (R-COOH) هستند که با گروه فعال (COOH) که به یک گروه آلی و یا اتم هیدروژن متصل است، از دیگر اسیدها متمایز می‌شوند (٤). از بین این ترکیبات، آن‌هایی که بین ۱ تا ۷ اتم کربن دارند، دارای اثرات ضد میکروبی هستند (۵). بسیاری از این ترکیبات به شکل نمک‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در دسترس هستند. مزیت نمک‌ها نسبت به اسیدها این است که عموماً بی‌بو بوده و در فرآیند ساخت خوراک به علت شکل جامد و فرار بودن کم‌تر آن‌ها، راحت‌تر به کار برده می‌شوند. خوردگی این ترکیبات نیز کم‌تر و حلالیت آن‌ها در آب بیش‌تر است (٦). علاوه بر این، اسیدها و نمک‌ها رشد میکروبی در خوراک و نیز مجرای روده‌ای را کاهش می‌دهند. کاهش کلی میکروفلور روده، نیاز سوخت‌وسازی و مواد مغذی ایجاد شده توسط باکتری را کاهش می‌دهد که این امر خود موجب بازده بهتر خوراک و بهبود افزایش وزن روزانه می‌شود. در تغذیه حیوانات، اسیدی‌کننده‌ها از طریق سه روش مختلف تأثیر بر تغذیه، مجرای روده‌ای و سوخت‌وساز جانور، اعمال می‌کنند (۷). اسیدهای آلی سبب کاهش جمعیت ریز موجودات بیماری‌زا و سموم آلی از طریق جیره توسط آبزی شده و مدت زمان نگهداری خوراک را افزایش می‌دهند.

نقش دیگر اسیدهای آلی کاهش pH دستگاه گوارش است. این اسیدها به صورت تفکیک نشده از غشای لیپیدی باکتری و قارچ‌ها عبور می‌کنند. در داخل سلول باکتری، تفکیک شده و باعث آزاد شدن یون‌های هیدروژن و بی‌کربنات در سیتوپلاسم سلول شده و با افزایش اسیدیته، سلول باکتری را مجبور می‌کنند تا برای توازن طبیعی اسیدیته، انرژی مصرف کند. از طرف دیگر، یون RCOO نیز موجب توقف یا کاهش ساختن DNA و پروتئین شده و در مجموع، رشد باکتری کاهش می‌یابد. در نتیجه این تغییرات، رشد باکتری‌های بیماری‌زا محدودشده که این پدیده باعث ارتقای سلامت دستگاه گوارش می‌شود. هم‌چنین، اسیدهای آلی باعث تغییر در ریخت‌شناسی دیواره روده و کاهش پرگنه باکتری‌های بیماری‌زا می‌شوند. اسیدهای آلی شامل اسید فرمیک، اسید استیک، پروپیونیک و اسید استیک از اسیدهای آلی متداولی هستند که در جیره غذایی آبزیان استفاده

شده‌اند (۸). مطالعات زیادی در رابطه با استفاده از اسیدهای آلی در آبزیان وجود دارد که نتایج متفاوتی بیان کردند. برخی از پژوهش‌گران بیان کردند که استفاده از اسیدهای آلی می‌تواند سبب افزایش رشد و تحریک ایمنی در آبزیان شود و برخی عدم تأثیر اسیدهای آلی بر رشد و ایمنی را گزارش کردند. جافر نوده و همکاران (۹) بیان کردند که افزودن ترکیب ۰/۵ درصد پتاسیم سوربات و پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازیی به جیره غذایی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیرات مثبتی بر رشد دارد. حدیدی و طاعتی (۱۰) بیان نمودند که مکمل اسیدی فایر بایوترونیک در سطح ۸ گرم در کیلوگرم در تقویت کارایی تغذیه و نیز بهبود برخی از شاخص‌های خونی و آنزیم‌های گوارشی بچه‌ماهیان اسکار تأثیر داشته است. هم‌چنین استفاده از سدیم دی فرمات در جیره، قابلیت هضم مواد مغذی، قابلیت هضم مواد غذایی، اسیدهای آمینه و کیفیت فیزیکی پروتئین غله جو را در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان بهبود می‌بخشد (۱۱).

ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) از خانواده کپور ماهیان بوده و جزو گونه مقاوم شناخته شده است که در شرایط محیطی دشوار نیز می‌تواند رشد کند (۱۲). تاکنون اطلاعات کمی در خصوص اثر پروپیونیک اسید بر ماهی کپور معمولی وجود دارد؛ بنابراین هدف این مطالعه بررسی تأثیر پروپیونیک اسید بر عملکرد رشد، شاخص‌های خونی و آنزیم‌های گوارشی بچه‌ماهی کپور معمولی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش: تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) با وزن اولیه ۰/۱۱±۱۰/۰۰ گرم از مرکز تکثیر ماهیان گرمابی از شهر رشت تهیه و به محل اجرای تحقیق منتقل گردید. ماهیان به مدت ۱۴ روز به منظور سازش با شرایط جدید نگهداری شدند و پس از طی مراحل سازش به صورت تصادفی در وان‌های ۴۰۰ لیتری تقسیم شدند. در آزمایش حاضر ٤ تیمار با ۳ تکرار شامل جیره شاهد (فاقد پروپیونیک اسید)، تیمار دوم جیره حاوی ۰/۵ گرم پروپیونیک اسید به هر کیلوگرم جیره، تیمار سوم حاوی ۱ گرم پروپیونیک اسید به هر کیلوگرم جیره و تیمار چهارم حاوی ۱/۵ گرم پروپیونیک اسید به هر کیلوگرم جیره در نظر گرفته شد (۱۳). غذادهی ماهیان به صورت دستی و روزانه در ۳ نوبت (ساعات ۹، ۱۲ و ۱۵) انجام شد. تعویض آب روزانه به میزان ۲۵ درصد صورت گرفت. به منظور هوادهی و رفع نیاز اکسیژن ماهی‌ها، به هر یک از وان‌ها یک سنگ هوا که به منبع هواده متصل بود نصب شد. طول دوره آزمایش ٦۰ روز بود.

آماده‌سازی جیره: به‌منظور اضافه کردن سطوح مختلف مکمل به جیره پایه، ابتدا مقدار جیره برای کل دوره آزمایش (٦۰ روز) برای هر تیمار محاسبه شد و سپس پروپیونیک اسید با درصد مشخصی روی جیره اسپری شد (۱۳). به منظور غذادهی ماهیان آزمایش از غذای کنسانتره تجاری ماهی کپور (شرکت فرادانه) با آنالیز تقریبی ٤۰ درصد پروتئین خام، ٦ درصد چربی خام و ۵ درصد فیبر خام استفاده شد. غذادهی به ماهیان براساس ۵ درصد وزن بدن انجام شد.

زیست‌سنجی و بررسی شاخص‌های رشد: در پایان آزمایش پس از ۲٤ ساعت گرسنگی، بچه‌ماهیان موجود در هر تکرار بیهوش شده و به منظور سنجش شاخص‌های رشد، طول و وزن آن‌ها برای محاسبه افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، شاخص وضعیت و بازماندگی از طریق معادلات زیر محاسبه گردید (۱٤).

افزایش وزن بدن = میانگین وزن نهایی – میانگین وزن ابتدایی

نرخ رشد ویژه (درصد) = [(لگاریتم طبیعی وزن نهایی – لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی) ÷ (طول دوره پرورش)] × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی= میزان غذای خورده شده ÷ افزایش وزن

شاخص وضعیت= [(وزن نهایی (گرم) ÷ طول^{3} (سانتی‌متر)] × ۱۰۰

بازماندگی (درصد) = [(تعداد تلفات – تعداد کل ماهیان) ÷ تعداد کل ماهیان] × ۱۰۰

بررسی شاخص‌های خونی: در پایان دوره آزمایش، بعد از ٢٤ ساعت گرسنگی تعداد ۵ ماهی از هر تکرار به طور تصادفی انتخاب شد. به منظور خون‌گیری ابتدا ماهیان با استفاده از عصاره گل میخک به میزان ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بی‌هوش شده، سپس از ناحیه ساقه دمی با استفاده از سرنگ‌های هپارینه خون‌گیری شدند و سپس پارامترهای هماتولوژیکی شامل هماتوکریت، هموگلوبین، تعداد کل گلبول‌های سفید و تعداد کل گلبول‌های قرمز) اندازه‌گیری شد. شمارش گلبول‌های سفید و گلبول‌های قرمز با استفاده از محلول دایسیس اصلاح شده از طریق لام هموسیتومتر انجام شد (۱۵). هماتوکریت به روش میکروسانتریفیوژ و با استفاده از لوله‌های میکروهماتوکریت هپارینه اندازه‌گیری شد (۱۵). میزان هموگلوبین خون نیز براساس روش سیانومت هموگلوبین اندازه‌گیری شد (١٦).

نمونه‌برداری از روده به‌منظور بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی: به‌منظور تعیین میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز گوارشی، در پایان دوره آزمایش (روز ٦٠)، ٤٨ ساعت قبل از نمونه‌برداری غذادهی قطع شد (۱۷). بعد از قطع نخاع کردن ماهیان، سریعاً در مجاورت یخ کالبدشکافی آن‌ها صورت گرفت. سپس روده با دقت جدا و در محور طولی با دقت بریده شد و پس از تخلیه محتویات داخل آن، با آب مقطر به خوبی شسته شد (۱۸) تا مواد غذایی باقی مانده در روده خارج شود. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در شرایط انجماد در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها، ابتدا نمونه‌ها از شرایط انجماد خارج و وزن شدند و بعد با نسبت وزنی به حجمی (W/V) ۱ به ۵ با کلرید سدیم ۰/۲ مولار با همزن برقی مخلوط شدند (۱۹). سوسپانسیون به‌دست آمده با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی در میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری (با سه تکرار برای هر تیمار) به منظور سنجش آنزیمی جمع‌آوری شد.

فعالیت آنزیم‌های گوارشی: فعالیت آنزیم آمیلاز، لیپاز و پروتئاز به روش آنزیمی، کالری‌متری با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون (ایران) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS مدل ٦٥٠٥، کشور انگلستان) انجام شد. طبق دستورالعمل شرکت سازنده، آمیلاز، لیپاز و پروتئاز براساس روش Lorentz و همکاران (۱۹۹۸) (۲۰) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آمیلاز، لیپاز و پروتئاز جذب نوری به ترتیب در طول موج‌های ٤٠٥، ٥٨٠ و ٤٦٠ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم‌های گوارشی براساس واحد بر لیتر با سه تکرار برای هر نمونه محاسبه شد.

تحلیل آماری: پراکنش نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگراف- اسمیرنوف مورد سنجش قرار گرفت. با توجه به نرمال بودن داده‌ها، اختلاف موجود بین تیمارها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۵

تیمار و ۳ تکرار تعیین و نتایج حاصله با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. به منظور مقایسه آماری میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

جدول ۱ شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های مختلف در پایان دوره آزمایش را نشان می‌دهد. نتایج آزمایش نشان داد که وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی بین تیمار شاهد (تیمار ۱) با تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید (تیمار ۲، ۳ و ٤) اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0/05$). بالاترین وزن نهایی (۱/۱۰ ± ۲۷/۸٦ گرم)، افزایش وزن (۱/۲۰ ± ۱۷/٤۸ گرم)، نرخ رشد ویژه (۰/۱۰ ± ٤/۳۷)، شاخص وضعیت (۰/۱۰ ± ۱/۳۷) و بهترین ضریب تبدیل غذایی (۰/۰۲ ± ۱/۱۵) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با ۱/۵ گرم پروپیونیک اسید در هر کیلوگرم جیره مشاهده شد. میزان بازماندگی بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول ۱- مقایسه شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های حاوی غلظت‌های مختلف پروپیونیک اسید (میانگین ± انحراف معیار).

شاخص‌های رشد	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۰/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ۳ (۱ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ٤ (۱/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)
وزن اولیه (گرم)	۱۰/۰۰ ± ۰/۱۲	۱۰/۰۰ ± ۰/۱۰	۱۰/۰۰ ± ۰/۱۲	۱۰/۰۰ ± ۰/۰۷
وزن نهایی (گرم)	$19/04 \pm 1/02^{c}$	$23/10 \pm 1/31^{b}$	$25/10 \pm 1/04^{ab}$	$27/86 \pm 1/10^{a}$
افزایش وزن (گرم)	$10/01 \pm 1/02^{c}$	$14/37 \pm 1/21^{b}$	$15/44 \pm 1/21^{ab}$	$17/48 \pm 1/20^{a}$
نرخ رشد ویژه (درصد)	$2/12 \pm 0/08^{c}$	$3/22 \pm 0/06^{b}$	$3/38 \pm 0/10^{b}$	$4/37 \pm 0/10^{a}$
شاخص وضعیت	$1/00 \pm 0/05^{b}$	$1/18 \pm 0/09^{ab}$	$1/23 \pm 0/12^{ab}$	$1/37 \pm 0/10^{a}$
ضریب تبدیل غذایی	$1/30 \pm 0/03^{c}$	$1/19 \pm 0/04^{ab}$	$1/19 \pm 0/03^{ab}$	$1/15 \pm 0/02^{a}$
بازماندگی (درصد)	۹۵/۰۰ ± ۳/۰۰	۹۳/۱۰ ± ٤/۱۰	۹۵/۱۰ ± ٤/۳۲	۹۵/۱۰ ± ۲/۸۳

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد ($P<0/05$)

جدول ۲ پارامترهای خونی بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های مختلف در پایان دوره آزمایش را نشان می‌دهد. تعداد گلبول‌های سفید، تعداد گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت بین تیمار شاهد و تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول ۲- شاخص‌های خون‌شناسی بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های حاوی غلظت‌های مختلف پروپیونیک اسید (میانگین ± انحراف معیار).

شاخص‌های خونی	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۰/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ۳ (۱ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ٤ (۱/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)
گلبول‌های سفید (سلول (10^4 ×) در میلی‌لیتر)	۳/۷۵ ± ۰/۱۰	۳/۷۳ ± ۰/۰۸	۳/۷۰ ± ۰/۱۲	۳/۷۰ ± ۰/۱٤
گلبول‌های قرمز (سلول (10^6 ×) در میلی‌لیتر)	۱/۵۲ ± ۰/۰٤	۱/۵۰ ± ۰/۰۵	۱/۵۲ ± ۰/۰۷	۱/۵۱ ± ۰/۰٤
هموگلوبین (گرم در میلی‌لیتر)	۵/٤۵ ± ۰/۲۲	۵/۵۷ ± ۰/۲۷	۵/٤۸ ± ۰/۲۳	۵/۵۱ ± ۰/۱۹
هماتوکریت (درصد)	۳٤/٦٦ ± ۲/۳۰	۳٤/۲۱ ± ۲/۳٤	۳۵/٦۰ ± ۲/۲۳	۳۳/۹۰ ± ۳/۱۸

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد (P<۰/۰۵)

نتایج مربوط به میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز روده بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با رژیم‌های غذایی مختلف در پایان آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. اضافه کردن پروپیونیک اسید به جیره غذایی با غلظت‌های مختلف منجر به افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنزیم لیپاز، آمیلاز و پروتئاز در مقایسه با تیمار شاهد شد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های پروتئاز (٤/۱٦ ± ۳۰۳/۱۵ واحد بر لیتر) و آمیلاز (۱۰/۰۵ ± ٦۵۰/۲٦ واحد بر لیتر) در تیمار حاوی ۱/۵ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره مشاهده شد. هم‌چنین بالاترین فعالیت آنزیم لیپاز (۱/۱۸ ± ۲۱/۷۳ واحد بر لیتر) در تیمار حاوی ۱ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره مشاهده شد.

جدول ۳- تغییرات فعالیت آنزیم‌های گوارشی بچه‌ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های حاوی غلظت‌های مختلف پروپیونیک اسید (میانگین ± انحراف معیار).

فعالیت آنزیم (واحد بین‌الملل بر لیتر)	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۰/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ۳ (۱ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)	تیمار ٤ (۱/۵ گرم بر کیلوگرم پروپیونیک اسید)
لیپاز	۱۲/۲۰ ± ۱/۲۱^{c}	۱۵/٤٤ ± ۱/۷۸^{b}	۲۱/۷۳ ± ۱/۱۸^{a}	۱۵/٤۷ ± ۱/٤٤^{b}
پروتئاز	۲۵۹/۱۵ ± ۳/۲۱^{c}	۲۷۲/۷۰ ± ۷/۱٦^{b}	۲۷۵/۳۰ ± ۹/۲۰^{b}	۳۰۳/۱۵ ± ٤/۱٦^{a}
آمیلاز	۵۸۸/۲۱ ± ۸/۵۰^{c}	٦۱۵/۲٤ ± ۷/۱٤^{b}	٦۱۷/۲۰ ± ٤/۲۳^{b}	٦۵۰/۲٦ ± ۱۰/۰۵^{a}

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد (P<۰/۰۵)

بحث

در بسیاری از مزارع پرورشی شرایط محیطی نامطلوب مانند تغییرات در pH، پایین بودن اکسیژن محلول، افت کیفیت آب جهت پرورش و یا مشکلات مدیریتی شامل تغذیه ناکافی، تغذیه بیش از حد و تراکم خارج از استاندارد، استرس‌هایی را برای ماهیان

پرورشی ایجاد نموده که سبب کاهش در رشد و تضعیف سیستم ایمنی شده و آن‌ها را در برابر انواع بیماری‌ها مستعد می‌سازد (۲۱). مطالعات انجام شده در گونه‌های آبزیان مناطق گرمسیر و سردسیر نشان می‌دهد که مجموعه متنوع اسیدهای آلی، نمک‌ها یا ترکیبات آن‌ها نقش مؤثری در بهبود رشد و مقاومت در برابر بیماری در آبزیان دارند (۷). اسیدهای آلی با حفظ pH مناسب دستگاه گوارش سبب بهبود اثر آنزیم‌ها بر مواد غذایی و جذب مواد غذایی بیش‌تر در حیوانات پرورشی می‌شود که نتیجه آن کاهش مواد غذایی جذب نشده برای رشد باکتری‌ها است (۷).

شاخص‌های رشد در این آزمایش تحت‌تأثیر پروپیونیک اسید قرار گرفتند به‌طوری‌که وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی پروپیونیک اسید افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشته است ($P<۰/۰۵$). سلیمانی ایرایی و همکاران (۲۰۱۲) اثرات سطوح ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد مکمل اسیدهای آلی شامل اسید فرمیک، اسیدسیتریک، اسید مالیک، اسید لاکتیک و اسید تارتاریک را بر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند، گزارش کردند که شاخص‌های رشد در تیمارهای تغذیه شده با اسیدهای آلی افزایش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد داشتند که با نتایج به‌دست آمده در آزمایش ما همخوانی دارد (۲۲). سوداگر و همکاران (۲۰۱۰) (۲۳) گزارش کردند که افزودن اسید آلی در جیره فیل‌ماهی (*Huso huso*) باعث افزایش وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و شاخص وضعیت گردیده است که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. هم‌چنین حسینی شکرابی و همکاران (۲۰۱۹) (۱۳) اقدام به بررسی اثر اسید آلی تجاری بر شاخص‌های رشد ماهی کپور معمولی کرد. برای این منظور ماهیان به مدت ٦۰ روز با جیره‌های حاوی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم به ازای هر کیلوگرم غذا تغذیه شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که افزودن اسید آلی نقش مهمی در بهبود عملکرد رشد در این ماهی داشت به‌طوری‌که بالاترین میزان رشد در تیمار ۳۰ گرم مشاهده شد. اثر مثبت اسیدهای آلی بر عملکرد رشد در سایر آبزیان هم‌چون سیم دریایی (٢٤)، تیلاپیای نیل (۲)، ماهی گورخری (۲۵) میگوی وانامی (*Litopenaeus vanammei*) (٢٦) مشاهده شد. اسید آلی با ورود به داخل سلول و کاهش pH درون سلولی موجب اختلال در سیستم سنتز پروتئینی، مواد ژنتیکی و آنزیم‌های متابولیکی در باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود (۲۷). بنابراین این باکتری‌ها برای حفظ اسیدیته داخل سلولی برای خروج پروتون‌ها انرژی بیش‌تری را صرف می‌کنند که در نهایت مرگ باکتری و ارتقاء سلامت و رشد آبزیان را به همراه دارد (۲۷). هم‌چنین اسیدهای آلی با زنجیره کوتاه از طریق اپیتلیال روده با انتشار غیرفعال جذب می‌شوند و می‌توانند در مسیرهای متابولیکی مختلفی مانند چرخه اسیدسیتریک جهت تولید انرژی شرکت کند. هم‌چنین افزایش آنزیم‌های گوارشی، کاهش رشد باکتری‌های مضر در دستگاه گوارش، افزایش مصرف غذا از اثرات مفید استفاده از اسیدهای آلی می‌باشد (۲۸).

نتایج آزمایش نشان داد افزودن پروپیونیک اسید به جیره غذایی ماهی کپور معمولی روی شاخص‌های خونی تأثیر نداشت. همسو با این نتایج، بهرامی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که استفاده خوراکی از اسید فرمیک روی شاخص‌های خونی ماهی کپور معمولی تأثیر نداشت (۲۹).

میزان فعالیت آنزیمی در ماهی تحت‌تأثیر گونه، عادت غذایی، ترکیبات شیمیایی غذا، ژنتیک، ریخت‌شناسی روده و غیره تغییر خواهد کرد (٦). در این مطالعه فعالیت آنزیم پروتئاز و آمیلاز در تیمار حاوی ۱/۵ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره و

فعالیت آنزیم لیپاز در تیمار حاوی ۱ گرم پروپیونیک اسید در کیلوگرم جیره به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دیگر تیمارها بود. مطالعه بر روی کاربرد اسیدهای آلی در جیره غذایی آبزیان نشان می‌دهد که این ترکیبات به‌عنوان یک افزودنی غذایی می‌توانند فعالیت آنزیمی را در آبزیان افزایش دهند (٦). افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی، نقش مهمی در هضم و جذب غذا و افزایش رشد آبزیان دارد. Badzohreh و همکاران (۲۰۲۰) (۳۰) نشان دادند که افزودن اسید بوتیریک به جیره غذایی ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*)، فعالیت آنزیم‌های پپسین، تریپسین، لیپاز و پروتئاز را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که با نتایج به‌دست آمده با آزمایش ما همخوانی دارد. در مطالعه دیگر، Valatiana و همکاران (۲۰۱۹) (۳۱) گزارش کردند که افزودن اسید بوتریک به جیره غذایی سیم سیاه دریایی (*Acanthopagrus schlegelii*) باعث افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز گردید که با نتایج به‌دست آمده با آزمایش ما همخوانی دارد. مکانیسم اثر اسیدهای آلی در تغییر فعالیت آنزیم‌های گوارشی در آبزیان می‌تواند ناشی از اثرات مستقیم و مفید آن‌ها باشد. یکی از اثرات غیرمستقیم و مفید اسیدهای آلی کمک به تغییر جمعیت باکتری‌های دستگاه گوارش است. به‌طورکلی، میکروبیوتای بومی دستگاه گوارش آبزیان نقش بسیار مهمی در حفظ سلامتی و رشد آبزیان داشته و تحت‌تأثیر عوامل مختلف مانند تغذیه، ژنتیک، محیط و غیره تغییر می‌کنند (٦).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، افزودن پروپیونیک اسید در جیره غذایی ماهی کپور معمولی منجر به بهبود عملکرد رشد (وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی) و فعالیت آنزیم‌های گوارشی (لیپاز، پروتئاز و آمیلاز) در بچه‌ماهی کپور معمولی شد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، افزودن پروپیونیک اسید به جیره غذایی غذایی ماهی کپور معمولی به میزان ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم غذا توصیه می‌گردد.

منابع

1. Castillo, S., Rosales, M., Pohlenz, C., & Gatlin, D. (2014). Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*. 433 p.
2. NRC. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academies Press, Washington, D.C. 376 p.
3. Abu Elala, N., & Ragaa, N. (2015). Eubiotic effect of a dietary acidifier (*potassium diformate*) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. *Journal of Advanced Research*. 6, 621-629.
4. Ahmad, I. (2006). Effect of probiotics on broilers performance. *International Journal of Poultry Science*. 5, 593-597.
5. Eidelsburger, U. (1998). Feeding short-chain organic acid to pigs. In: In Recent Advances in Animal Nutrition, Garnsworthy, P.C. and J. Wiseman. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 93-106.
6. Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Veterinary Journal*. 187, 182-188.
7. Lurkstadt, C. (2008). Acidifiers in Animal Nutrition. Nottingham University Press. 119 p.
8. Wing, N., & Chik, K. (2016). The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals Reviews in Aquaculture. pp. 1-27.
9. Jafar Nodeh, A., Tokmeh, A., Haji Moradloo, A., & Nouri, F. (2015). Synergistic effects of potassium sorbate

organic acid and probiotic Lactobacillus casei on growth and blood indices, carcass composition and intestinal microbial flora in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Fisheries Research*. 4, 59-74.

10. Hadidi, S., & Taati, R. (2016). The effect of different levels of biotronic fire acid supplementation on nutritional efficiency and some blood parameters and safety of Oscar tiger (*Astronotus ocellatus*). *Iranian Journal of Veterinary Medicine*. 3, 32-41.
11. Morken, T., Barrow, F., & Overland, M. (2011). Sodium diformate and extrusion temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 317, 138-145.
12. Mimeault, C., Woodhouse, A., & Rudeau, V. (2005). The human lipid regulator, gemfibrozil bioconentrates and reduces testosterone in the Common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Toxicology*. 73, 44-54.
13. Shekarabi, H. P., Seyedalikhani, S., Shamsaie Mehrgan, M., Seyedalhosseini, S., & Manouchehri, H. (2019). Effect of different levels of organic acids mixture on some growth parameters and carcass composition of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 28 (4), 35-43.
14. Akbary, P., & Jahanbakhshi, A. (2007). Nano and macro iron oxide (Fe_2O_3) as feed additives: Effects on growth, biochemical, and activity of hepatic enzymes, liver histopathology and appetite-related gene transcript in goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*. 510, 191-197.
15. Firouzbakhsh, F., Noori, E., & Khalesi, M. (2011). Effects of a probiotic, protexin on the growth performance and hematological parameters in the Oscar (*Astronotus ocellatus*) fingerlings. *Fish Physiology and Biochemistry*. 37, 833-842.
16. Campbell, T. W., & Ellia, C. K. (2007). Avian and exotic animal hematology and cytology. 3rd ed. Blakwell Puplishing, *Iowa*. pp. 93-112.
17. Dequara, S., Jauncey, K., & Agius, C. (2003). Enzyme activities and PH variations in the digestive tract of gilthead sea bream. *Journal of Fish Biology*. 62, 1033-1043.
18. Chong, A., Hashim, R., & Tang, L. (2002). Partial characterization and activities of protease from the digestive trac t of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). *Aquaculture*. 20, 321-331.
19. Gawlicka, A., Parrent, B., & Opstad, I. (2000). Activity of digestive enzyme in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) indication of readiness for first feeding. *Aquaculture*. 184, 304-314.
20. Lorentz, K. (1998). Clinical laboratory diagnostics. In: Thomas L. (Eds). TH-Books Verlagsgesellschaft, Frankfurt. pp. 95-202.
21. Winton, J. R. (2001). Fish health management. In: Wedemeyer, G. Fish hatchery management. 2 edition. Bethesda, MD, American Fisheries Society. pp. 559-639.
22. Soleimani, M., Sajjadi, M., Keramat, A., & Karimzadeh, P. (2012). Effects of different levels of organic acid supplementation on growth efficiency, carcass composition and blood indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquatic Exploitation and Breeding*. 1, 1-14.
23. Sudagar, M., Hosseinpoor, Z., & Hoseini, A. (2010). The use of citric acid as attractant in diet of grand sturgeon (*Huso huso*) fry and its effects on growing factors and survival rate. *AACL Bioflux*. 3, 311-316.
24. Sarker, M.S.A., Satoh, S., & Kiron, V. (2005). Inclusion of citric acid and/or acid-chelated trace elements in alternate plant protein source diets aspects growth and excretion of nitrogen and phosphorus in red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture*. 262, 436-443.
25. Safari, R., Hoseinifar, S.H, Nejadmoghadam, S., & Khalili, M. (2017). Non specific immune parameters, immune, antioxidant and growth related genes expression of common carp (*Cyprinus carpio*) fed sodium propionate. *Aquaculture Research*. 10, 1-10.

26. Dai, J., Li, Y., Yang, P., Liu, Y., & Chen, Z. (2018). Citric acid as a functional supplement in diets for juvenile turbot, (*Scophthalmus maximus*): Effects on phosphorus discharge, growth performance, and intestinal health. *Aquaculture*. 1, 1-10.
27. Silva, B. C., do Nascimento Vieira, F., Mouriño, J. L. P., Ferreira, G. S., & Seiffert, W. Q. (2013). Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. *Aquaculture*, 384, 104-110.
28. Ng, W. K., Koh, C. B., Sudesh, K., & Siti-Zahrah, A. (2009). Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture Research*, 40 (13), 1490-1500.
29. Bahrami, E., Meshkini, S., & Safari, R. (2019). Effects of dietary administration of Formic acid on mucosal immune, innate immune parameters of common carp fingerling (*Cyprinus carpio*), *Utilization and Cultivation of Aquatics*. 8 (3), 11-20.
30. Badzohreh, G., Zarei, S., & Davoodi, R. (2020). Effects of different levels of dietary butyric acid on some growth performance, immunity and digestive enzymes activity of yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*). *Aquatic Animals Nutrition*. 6, 55-67.
31. Volatiana, J., Sagada, G., Zhang, J., & Shao, Q. (2019). Effects of butyrate glycerides supplementation in high soybean meal diet on growth performance, intestinal morphology and antioxidative status of juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*). *Aquaculture Nutrition*. 26, 15-25.