13 (2) 303-308, Summer 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The dietary effect of adding sodium propionate on some growth indices, survival rate, and some immune responses of gold fish (*Carassius auratus*)

Azin Azari [1], Mehdi Shamsaie Mehrejan [1*], Mostafa Tatina [2], Houman Rajabi Islami [1]

[1] *Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Fisheries, Astara Branch, Islamic Azad University, Astara, Iran*

Key Words

Acidifier
Sodium propionate
Goldfish
Growth
Serum immune parameters

Abstract

Introduction: In the present study, the effects of dietary sodium propionate as an acidifier additive on some indices of growth, survival rate, and serum immunity of goldfish were investigated.

Materials & Methods: In this study, 240 fish with an average initial weight of 7.2±0.75 g were randomly distributed in 12 aquariums. The fish were fed with the levels of 0 (control), 1.5% and 2.5% sodium propionate in the feed for 60 days.

Result: The results showed that weight gain, weight gain percentage, specific growth rate, condition coefficient, and survival rate in the treated fish were significantly higher than the control group ($P<0.05$). However, the highest feed conversion ratio was observed in the control group ($P<0.05$). Also, the highest levels of serum immunoglobulin M (9.64±0.11 mg/l) and lysozyme (15.61±1.03 µg/ml/min) were observed in 2.5% sodium propionate treatment compared to others ($P<0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, the use of 2.5% sodium propionate in goldfish diet acts as a growth stimulator and can enhance the growth performance along with the immune system.

* Corresponding Author's email: m.shamsaie@srbiau.ac.ir
Received: 27 March 2021; Reviewed: 29 May 2021; Revised: 28 June 2021; Accepted: 24 July 2020
(DOI): 10.22034/aej.2020.135794

مقاله پژوهشی

تأثیر افزودن سطوح مختلف سدیم پروپیونات بر برخی شاخص‌های رشد، بازماندگی و برخی پاسخ‌های ایمنی سرم ماهی قرمز (*Carassius auratus*)

آذین آذری[1]، مهدی شمسایی‌مهرجان[1]، مصطفی تاتینا[2]، هومن رجبی‌اسلامی[1]*

[1] گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[2] گروه شیلات، واحد آستارا، دانشگاه آزاد اسلامی، آستارا، ایران

کلمات کلیدی

اسیدیفایر
سدیم پروپیونات
ماهی قرمز
رشد
پارامترهای ایمنی سرم

چکیده

مقدمه: آثار افزودنی خوراکی سدیم پروپیونات به‌عنوان یک اسیدیفایر بر برخی شاخص‌های رشد، بقاء و ایمنی سرم ماهی قرمز، طی مطالعه حاضر بررسی گردید.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ۷/۲±۰/۷۵ گرم به‌طور تصادفی در ۱۲ آکواریوم توزیع شدند. ماهی‌ها با سطوح ۰ (شاهد)، ۱ و ۲ درصد سدیم پروپیونات در خوراک برای ۶۰ روز غذادهی شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که میزان وزن کسب شده، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب وضعیت و نرخ بقاء در ماهی‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود (P<۰/۰۵). درحالی‌که بیش‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در گروه شاهد دیده شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین، بیش‌ترین میزان ایمونوگلوبولین M سرم (۹/۰±۶۴/۱۱ میلی‌گرم/لیتر) و لیزوزیم (۱۵/۱±۶۱/۰۳ میکروگرم/میلی‌لیتر/دقیقه) در تیمار سدیم پروپیونات ۲ درصد مشاهده شد که از سایر تیمارها بهتر بود (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری و بحث: براساس نتایج این پژوهش، به‌کارگیری ۲ درصد سدیم پروپیونات در خوراک ماهی قرمز به‌عنوان یک محرک رشد عمل کرده و می‌تواند عملکرد رشد را به همراه سیستم ایمنی تقویت نماید.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.shamsaie@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۷ فروردین ۱۴۰۰؛ تاریخ داوری: ۸ خرداد ۱۴۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۷ تیر ۱۴۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۲ مرداد ۱۴۰۰
(DOI): 10.22034/aej.2021.135794

مقدمه

امروزه استفاده از آنتی بیوتیک‌ها به‌عنوان افزودنی‌های خوراکی جهت افزایش رشد یا تقویت سیستم ایمنی به‌دلیل مشکلات عمومی و افزایش مقاومت باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها در بیش‌تر کشورها ممنوع گردیده است (Okocha و همکاران، ۲۰۱۸). این ممنوعیت که در اروپا از سال ۲۰۰۶ به‌صورت قانونی به‌اجرا درآمده، فرصت ظهور افزودنی‌های جایگزینی هم‌چون اسیدهای آلی، آنزیم‌ها، پروبیوتیک‌ها و گیاهان دارویی را در خوراک دام، طیور و آبزیان ایجاد کرده است (Luckstadt، ۲۰۰۸). اسیدهای آلی، گروهی از افزودنی‌های مجاز غذایی هستند که پس از اضافه شدن به مواد غذایی هیچ‌گونه بقایای مضر و نامناسبی از خود در گوشت ماهی برجای نمی‌گذارند. به‌همین خاطر کاربرد آن‌ها در خوراک دام و آبزیان مجاز اعلام شده است. استفاده از اسیدهای آلی در غذای ماهی و میگو می‌تواند از طریق بهبود هضم و کاهش ضریب تبدیل خوراک، صرفه اقتصادی تولید را به‌همراه بیاورید (Luckstadt، ۲۰۰۸). کاربرد ترکیبات اسیدی‌کننده در خوراک، علاوه بر کاهش جمعیت باکتری‌های مضر در جیره، سبب بهبود جذب مواد مغذی در روده میزبان نیز می‌شود (کنعانی و همکاران، ۱۳۹۹). محققان عملکرد مثبت اسیدهای آلی را به عوامل محرک رشد و ایمنی در آبزیان در بهبود پارامترهایی هم‌چون بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی (Kotzamanis و همکاران، ۲۰۰۷)، افزایش هضم‌پذیری پروتئین و چربی (Luckstadt، ۲۰۰۸)، افزایش اتولیز مواد معدنی و حذف باکتری‌های بیماری‌زایی هم‌چون سالمونلا و اشرشیاکلی در محیط اسیدی لوله گوارش و کاهش pH سیتوپلاسم باکتری‌ها در مجاورت اسیدیفایر و در نهایت مرگ آن‌ها نسبت داده‌اند (Abdel-Latif و همکاران، ۲۰۲۰). سدیم پروپیونات با فرمول NaC_2H_5COO یک نمک اسیدپروپیونیک است (Luckstadt، ۲۰۰۸). این ماده یک افزودنی غذایی متداول است که به طور صنعتی تولید شده و برای از بین بردن کپک‌ها در مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آثار مثبت اسیدهای آلی مختلف و نمک‌های آن‌ها در خوراک و بهبود عملکرد رشد و سیستم ایمنی در ماهی قزل‌آلای نگین‌کمان (Pande و Satoh، ۲۰۰۸)، میگوی وانامی (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۴) و خارماهی سرخ (Sciaenops ocellatus) گزارش شده است (Castillo و همکاران، ۲۰۱۴). درحالی‌که اثر خوراکی سدیم پروپیونات بر شاخص‌های رشد، بقاء و پاسخ‌های ایمنی سرم در ماهی قرمز (*Carassius auratus*) تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. ماهی قرمز یکی از گونه‌های معروف از ماهیان استخوانی بوده که به‌عنوان مدل زیستی در مطالعات بی‌شماری مورد استفاده قرار گرفته است (Rashmeei و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، این گونه ماهی به‌دلیل بسیاری ازجمله تنوع رنگ پوست، سازگاری زیاد با خوراک دستی و تحمل زیاد به شرایط محیطی در اسارت، جزء محبوب‌ترین و رایج‌ترین ماهیان زینتی آب شیرین تلقی می‌شود (Gumus و همکاران، ۲۰۱۶). لذا در تحقیق حاضر برای اولین بار اثر سدیم پروپیونات در جیره بر برخی فاکتورهای رشد، بقاء و ایمنی ماهی قرمز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در یک دوره ۸ هفته‌ای در آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران انجام پذیرفت. تعداد ۲۴۰ عدد ماهی قرمز با میانگین (±انحراف معیار) وزنی ۰/۷±۷/۲ گرم به‌طور مساوی در میان ۱۲ آکواریوم شیشه‌ای (۶۰×۵۰×۱۰۰ سانتی‌متر، ۲۶۰ لیتر آبگیری) با شرایط یکسان توزیع شدند. در خلال آزمایش، میانگین دمای آب ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول، ۵/۶ میلی‌گرم بر لیتر، pH ۷/۳-۷ و سختی آب ۱/۲±۲۸۶ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بود. میزان روشنایی برای تمامی تیمارها ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت خاموشی تنظیم گردید. ماهیان به‌مدت ۶۰ روز با غذای پایه نوع SFC که برای ماهیان کپور طراحی شده است (خوراک ماهی کپور معمولی، شرکت کیمیاگران تغذیه، شهرکرد، ایران) تغذیه شدند. لازم به ذکر است که جیره تجاری فاقد هرگونه مکمل بوده و شامل ۳۹/۵ درصد پروتئین خام، ۶/۰ درصد چربی، ۵/۶ درصد فیبر، ۹/۱ درصد خاکستر، ۱/۵ درصد فسفر و ۷/۲ درصد رطوبت در وزن خشک بود. تیمارهای آزمایش را سطوح ۰ (شاهد)، ۱ و ۲ درصد سدیم پروپیونات در خوراک تشکیل می‌داد که به‌صورت اسپری با محلول ژلاتین ۴ درصد به جیره پایه اسپری و به‌صورت یکنواخت و همگن پخش گردید. دلیل انتخاب غلظت‌های مورد استفاده براساس نتایج تحقیقات مشابه در سایر گونه‌های ماهی تغذیه شده با سدیم پروپیونات بود (Safari و همکاران، ۲۰۱۶؛ Hosseinifar و همکاران، ۲۰۱۶). میزان غذای روزانه بچه‌ماهیان برحسب درصد وزن بدن و تا حد سیری ماهی‌ها تعیین شد. ماهیان به‌مدت ۶۰ روز و ۳ بار در روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. این بررسی در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام شد و برای هر تیمار ۳ تکرار درنظر گرفته شد. در طی دوره، هر روز مدفوع و سایر مواد باقی‌مانده از کف آکواریوم‌ها سیفون و حدود ۳۰-۲۰ درصد آب هر آکواریوم تعویض می‌شد. برای ارزیابی تأثیر سدیم پروپیونات بر شاخص‌های رشد ماهیان قرمز در تیمارهای مختلف، هر ۱۵ روز یک‌بار وزن ماهیان هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل آن‌ها با خط‌کش معمولی با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شد. تغذیه ماهی‌ها ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی قطع شده و پس از صید با محلول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره گل میخک بی‌هوش می‌شدند (Azarm و همکاران، ۲۰۱۲). در این مطالعه، شاخص‌های

رشد و بقاء ماهی‌های آزمایشی طبق روابط زیر محاسبه گردید (Ahmadifar و همکاران، ۲۰۱۲):

افزایش وزن (BW): $BW = (W_2 - W_1)$ W_1: گرم وزن اولیه، W_2: گرم وزن نهایی ماهی

درصد افزایش وزن (BWI): $BWI = BW \times 100$

شاخص رشد ویژه (SGR): $SGR = [(\log W_1 - \log W_0)/ (t_2 - t_1)] \times 100$

ضریب تبدیل غذا (FCR):

گرم وزن به‌دست آمده ماهی (گرم) /غذای خورده شده (گرم) = FCR

فاکتور وضعیت (CF) یا ضریب چاقی: $CF = [W/ L^3] \times 100$

W: وزن نهایی ماهی (گرم)، L: طول کل ماهی (سانتی‌متر)

به‌منظور اندازه‌گیری درصد بقاء، تلفات ماهیان به‌صورت روزانه ثبت می‌گردید. درصد بقاء با استفاده از رابطه زیر محاسبه گشت:

$$\text{درصد بازماندگی} = \left[\frac{\text{تعداد ماهی های موجود در پایان آزمایش}}{\text{تعداد ماهی ها در شروع آزمایش}}\right] \times 100$$

نمونه‌برداری و خونگیری: نمونه‌گیری در انتهای دوره آزمایش پس از قطع غذادهی و تخلیه لوله گوارشی ماهی‌ها صورت گرفت. ماهی‌ها پس از صید تصادفی با محلول گل میخک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بی‌هوش‌شده و عملیات خونگیری با قطع ساقه‌دمی صورت گرفت (تعداد ۳ ماهی از هر آکواریوم). نمونه‌های خون پس از جمع‌آوری در تیوب‌های اپندروف فاقد هپارین به‌مدت ۲ ساعت در یخچال نگه‌داری و سپس با استفاده از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد)، نمونه‌های سرم جدا گردید. نمونه‌های سرم تا قبل از انجام آزمایشات سرولوژی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند (Rashmeei و همکاران، ۲۰۲۰). برای بررسی میزان فعالیت لیزوزیم سرم از روش Ellis (۱۹۹۰) با مختصر تغییرات استفاده شد. بدین‌منظور، ۲۵ میکرولیتر سرم با ۷۵۰ میکروگرم در میلی‌لیتر باکتری *Micrococcus lysodeikticus* منجمد شده در خلاء تهیه شده از شرکت سیگما (نمایندگی آلمان) در بافر فسفات سیترات ۰/۱ مولار (pH ۸/۵) در گودهای پلیت الیزای ۹۶ خانه‌ای مخلوط گردید. سپس جذب نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر در چهار و نه دقیقه بعد از استقرار مخلوط در گودهها قرائت شد. مقداری از سرم که سبب کاهش میزان جذب نوری به‌میزان ۰/۰۰۱ در دقیقه شده به عنوان یک واحد فعالیت لیزوزیم درنظر گرفته شده و با واحد در لیتر نشان داده شد. در این مطالعه از لیزوزیم سفیده تخم‌مرغ لیوفیلیزه شده (سیگما) به منظور ترسیم منحنی استاندارد استفاده شد. ایمونوگلوبولین M (Ig M)، به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر (مدل Prestige 24i، توکیو، ژاپن) طبق دستورالعمل شرکت سازنده با استفاده از کیت آزمایشگاهی (پارس آزمون طب، البرز، ایران) اندازه‌گیری شد (Rashmeei و همکاران، ۲۰۲۰).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: در این مطالعه، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گرفت. بعد از آزمون نرمالیته (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) و همگنی واریانس (آزمون لون) داده‌ها، تجزیه واریانس یک‌طرفه یا ANOVA (one-way analysis of variance) داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مذکور صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها در میان تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Multiple- range Duncans test) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج

نتایج فاکتورهای بررسی شده رشد و بازماندگی بچه ماهی‌ها در تیمارهای مختلف تغذیه شده با مکمل سدیم پروپیونات در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج، میزان وزن کسب شده، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل خوراک، شاخص وضعیت و درصد بازماندگی در تیمارهای ۱٪ و ۲٪ سدیم پروپیونات نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری را نشان داد ($P<0/05$).

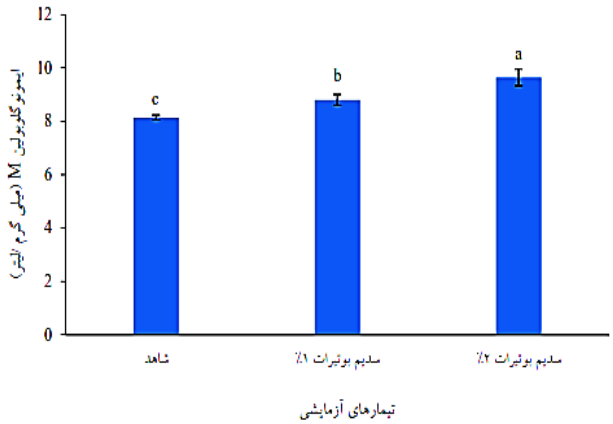
جدول ۱: میانگین شاخص‌های رشد و بقاء در ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف سدیم پروپیونات

شاخص	۰ (شاهد)	سدیم پروپیونات ۱٪	سدیم پروپیونات ۲٪
درصد افزایش بدن	۹۴/۲۱±۱/۷۴^{b}	۱۰۸/۳۹±۱/۵۴^{a}	۱۰۵/۱۲±۰/۴۴^{a}
وزن کسب شده (گرم)	۶/۷۹±۰/۱۳^{b}	۷/۸±۰/۱۲^{a}	۷/۴±۰/۱۱^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۴۷±۰/۱۳^{b}	۱/۳۸±۰/۱۴^{a}	۱/۳۹±۰/۱۳^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۷۸±۰/۳۱^{a}	۲/۲۶±۰/۱۲^{b}	۲/۲۲±۰/۱۲^{b}
طول حاصل شده (سانتی‌متر)	۱/۴۲±۰/۱۴^{c}	۱/۶۹±۰/۲۶^{b}	۲/۱۳±۰/۱۳^{a}
شاخص وضعیت (درصد)	۱/۵۲±۰/۰۴^{a}	۱/۴۹±۰/۱۲^{a}	۱/۲۲±۰/۱۰^{b}
درصد بازماندگی	۹۵/۶۰±۱/۲۳^{b}	۹۹/۲۲±۱/۱۵^{a}	۹۹/۲۲±۱/۱۵^{a}

نتایج به‌صورت میانگین± انحراف معیار بیان شده است (n=۳). حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P<0/05$).

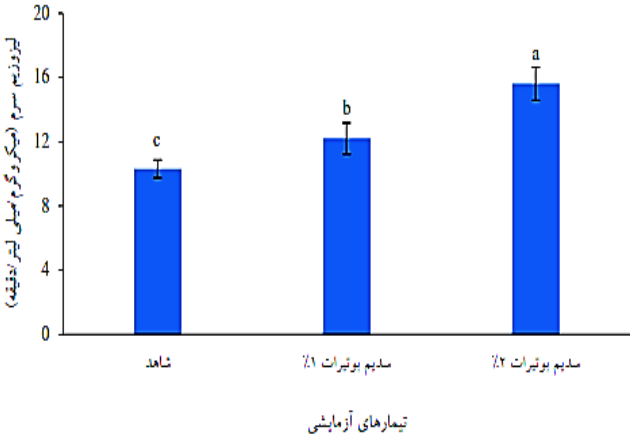
تغییرات سطوح فاکتورهای ایمنی سرم خون ماهی قرمز تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل سدیم پروپیونات در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌است. نتایج نشان‌دهنده آن بود که اختلافات معنی‌داری در میزان ایمونوگلوبولین تام سرم ماهی‌های قرمز تغذیه شده با تیمارهای مختلف سدیم پروپیونات وجود داشت ($P<0/05$) به‌نحوی که کم‌ترین میزان ایمونوگلوبولین M سرم در تیمار شاهد برابر با ۸/۰±۲۴/۳۱ (میلی‌گرم/لیتر) و بیش‌ترین میزان آن در تیمار سدیم پروپیونات ۲٪ برابر با ۹/۶۴±۰/۱۱ (میلی‌گرم/لیتر) مشاهده شد (شکل ۱). بیش‌ترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم بچه‌ماهی‌های آزمایشی نیز ۱۵/۱±۶۱/۰۳ (میکروگرم/میلی‌لیتر/دقیقه) بود که در تیمار سدیم

پروپیونات ۲٪ مشاهده شد و تیمارهای مختلف در مورد این شاخص نیز تفاوت‌های معنی‌داری را سبب شده بودند (P<۰/۰۵). کم‌ترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمار شاهد با مقدار ۱/۸۹±۱۱/۳۴ (میکروگرم/میلی‌لیتر/دقیقه) مشاهده گردید.



شکل ۱: تغییرات ایمونوگلوبولین M سرم (میلی‌گرم/ لیتر) ماهی قرمز تغذیه شده با سطوح مختلف سدیم پروپیونات

حروف مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ در میان تیمارها است.



شکل ۲: میزان فعالیت لیزوزیم سرم (میکروگرم/میلی‌لیتر/ دقیقه) ماهی قرمز تغذیه شده با مقادیر مختلف سدیم پروپیونات

حروف مختلف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح P<۰/۰۵ در میان تیمارها است.

بحث

بهبود شاخص‌های رشد و ایمنی هومورال و سلولی می‌تواند باعث سازگاری اکولوژیک، رشد بهتر و افزایش نرخ بازماندگی آبزی را در طی دوره پرورش گردد (Adel و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج حاصله در پایان آزمایش نشان داد که بهبود وزن، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا و ضریب وضعیت در تیمارهای ۱ و ۲ درصد سدیم پروپیونات نسبت به تیمار شاهد بهتر بود. درحقیقت نمک اسیدهای آلی هم‌چون سدیم پروپیونات با اثرات سینرژتیک خود با حفظ pH مناسب دستگاه گوارش، موجب بهبود هضم پروتئین شده و با کاهش جمعیت میکروب‌های مضر روده، موجب بهبود عملکرد و شاخص‌های رشد ماهی می‌شوند (Dawood و همکاران،۲۰۲۰). هم‌چنین مشخص شده که اسیدهای آلی موجب افزایش جذب مواد معدنی از طریق اسیدی کردن pH دستگاه گوارش می‌گردند (Cuvin-Aralar و همکاران، ۲۰۱۱). بررسی Da Silva و همکاران (۲۰۱۴) و Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که افزایش رشد و تغذیه ناشی از مصرف سدیم پروپیونات منجر به بهبود قابلیت هضم، تنظیم فعالیت آنزیم‌های گوارشی و میکروبیوتای دستگاه گوارشی‌ماهی سفید دریای خزر می‌گردد. مشابه با نتایج حاضر اثرات افزودن سدیم پروپیونات بر شاخص‌های رشد در ماهیانی از قبیل ماهی سفید (Hoseinifar و همکاران، ۲۰۱۶)، بچه‌ماهی کپورمعمولی (کنعانی و همکاران، ۱۳۹۹)،بأس‌اروپایی(Wassef و همکاران،۲۰۲۰)و هم‌چنین میگوی وانامی (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۴) گزارش شده است. در این بررسی کم‌ترین میزان ضریب تبدیل غذا در تیمار ۲٪ سدیم پروپیونات و بیش‌ترین میزان آن در تیمارشاهد مشاهده‌گردید. ترکیب سدیم پروپیونات با تحریک ترشح آنزیم‌های معده، قابلیت هضم و جذب مواد غذایی و خواص ضدمیکروبی، سبب بهبود ضریب تبدیل غذا، افزایش وزن و سلامتی آبزی می‌شود که این موضوعات موجبات تسریع‌رشد و کاهش هزینه‌های دوره پرورش (به‌ویژه در بخش خوراک آبزیان) را به‌دنبال خواهدداشت (Dawood و همکاران،۲۰۲۰). گزارش شده که نمک‌های اسیدهای آلی نقش مهمی در تأمین انرژی و هموستازی سلول‌های اپیتلیال روده ایفا می‌کنند (Hamer و همکاران، ۲۰۰۸). درحقیقت این نمک‌ها با افزایش ارتفاع میکروپرزهای روده، امکان جذب بیش‌تر مواد غذایی را فراهم می‌نمایند (Rašković و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج تحقیق حاضر با نتایج Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۷) به‌دنبال استفاده از سدیم پروپیونات در جیره غذایی ماهی زبرا مطابقت دارد. بررسی Wassef و همکاران (۲۰۲۰) استفاده از سدیم پروپیونات در مقادیر ۰/۲ یا ۰/۳ درصد در جیره ماهی بأس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) را منجر به بهبود عملکرد، افزایش فعالیت دستگاه گوارش، متعادل کردن باکتری‌های روده و به‌طورکلی بهبود وضعیت سلامت انگشت قدهای بأس اروپایی می‌داند که هم‌سو با نتایج تحقیق پیش رو می‌باشد. مشابه با مطالعه حاضر، نتایج بررسی Aalamifar و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که استفاده از سدیم پروپیونات در جیره غذایی ماهی بأس آسیایی (*Lates calcarifer*) در غلظت ۰/۵ درصد خوراک منجر به افزایش نرخ بازماندگی و وضعیت سلامتی ماهی از طریق بهبود شاخص‌های آنتی اکسیدانی سرم،

شاخص‌های ایمنی در مقایسه با تیمارهای شاهد، ۲ و ۱ درصد سدیم پروپیونات گردید. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سدیم پروپیونات موجود در جیره، اثر بارزی در میزان فعالیت لایزوزیم سرم ماهیان داشت به‌نحوی‌که بیش‌ترین میزان این فعالیت در بالاترین سطح سدیم پروپیونات مشاهده گردید. افزایش فعالیت لایزوزیم سرم، گویای بهبود وضعیت ایمنی ماهی در برابر عوامل عفونی و استرس‌زا می‌باشد (Ellis، ۱۹۹۰). این موضوع در مطالعه Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شد به‌نحوی‌که مقادیر ۲/۵ و ۵ درصد سدیم پروپیونات در خوراک ماهی سفید دریای خزر، شاخص‌های ایمنی غیر اختصاصی سرم شامل ایمونوگلوبولین تام، لیزوزیم و مسیر جانبی فعالیت کمپلمان را در مقایسه با گروه شاهد، بهبود بخشید. ایمونوگلوبولین‌ها پروتئین‌های‌مهمی‌هستندکه‌در پاسخ ایمنی هومورال نقش مهمی داشته و در ماهیان مهم‌ترین آن‌ها ایمونوگلوبولین M گزارش شده است (Iwama و Nakanishi، ۱۹۹۶). در مطالعه حاضر، میزان ایمونوگلوبولین M سرم در تیمار واجد ۲ درصد سدیم پروپیونات بیش‌تر از تیمارهای ۱ درصد و شاهد بود. شاید این موضوع به‌خاطر آثار مثبت سدیم پروپیونات بر ایمنی غیراختصاصی ماهی قرمز باشد. بررسی Wassef و همکاران (۲۰۲۰) نیز به همین صورت نشان داده که به‌کارگیری مقادیر ۰/۲ یا ۰/۳ درصد سدیم پروپیونات در جیره ماهی سی بأس اروپایی منجر به بهبود پاسخ‌های ایمنی سرم شامل فعالیت لیزوزیم، فعالیت بیگانه‌خواری سرم، ایمونوگلوبولین تام و فعالیت انفجار تنفسی گلبول‌های سفید خون می‌گردد. نتایج تحقیق Maslowski و Mackay (۲۰۱۱) هم نشان داد که ترکیبات اسیدی‌فایر از قبیل پروپیونات سدیم از طریق اتصال به گیرنده‌های G پروتئین یا GPR43 که عمدتاً در پاسخ ایمنی غیراختصاصی و پاسخ‌های التهابی بیان می‌گردند موجب بهود پاسخ ایمنی هومورال می‌گردند، هر چند که وجود این مکانیسم در ماهیان هنوز به‌صورت دقیق ثابت نشده و نیاز به بررسی بیش‌تر دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و نظر به این‌که ماهی قرمز به‌عنوان یک مدل زیستی به‌خصوص برای خانواده کپورماهیان مطرح است، تأثیر سطوح خوراکی مختلف سدیم پروپیونات به‌ویژه سطح ۲/۵٪ آن بر شاخص‌های رشد، بقاء و ایمنی غیر اختصاصی سرم در ماهی قرمز مثبت و موجه باشد.

منابع

۱. **کنعانی، ا.؛ شعبانی، ع. و صفری، ر.، ۱۳۹۹.** اثرات استفاده مجزا و تلفیقی پروپیونات سدیم و پروبیوتیک (*Pediococcus acidilactici*) بر برخی فاکتورهای رشد و بیان ژنهای مرتبط با رشد در بچه‌ماهی کپور معمولی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۲۹۳ تا ۲۹۸.

2. **Abdel-Latif, H.M.; Abdel-Tawwab, M.; Dawood, M.A.; Menanteau-Ledouble, S. and El-Matbouli, M., 2020.** Benefits of dietary butyric acid, sodium butyrate, and their protected forms in aquafeeds: a review. Rev Fish Sci Aquac. Vol. 28, pp: 1-28.
3. **Adel, M.; Abedian Amiri, A.; Zorriehzahra, J.; Nematolahi, A. and Esteban, M.Á., 2015.** Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). Fish Shellfish Immunol, Vol. 45, pp: 841-847.
4. **Ahmadifar, E.; Akrami, R.; Ghelichi, A. and Mohammadi Zarejabad, A., 2011.** Effects of different dietary prebiotic insulin levels on blood serum enzyme, hematologic and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso*) juvenile. Comp Clin Path. Vol. 20, pp: 447-451.
5. **Aalamifar, H.; Soltanian, S.; Vazirzadeh, A.; Akhlaghi, M.; Morshedi, V.; Gholamhosseini, A. and Torfi Mozanzadeh, M., 2020.** Dietary butyric acid improved growth, digestive enzyme activities and humoral immune parameters in Barramundi (*Lates calcarifer*). Aquac Nutr. Vol. 26, pp: 156-164.
6. **Azarm, H.M.; Abedian Kenari, A. and Hedayati, M., 2012.** Effect of dietary phospholipid sources and levels on growth performance, enzymes activity, cholecystokinin and lipoprotein fractions of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. Aquac Res. Vol. 32, pp: 1-11.
7. **Cone, R.A., 2009.** Barrier properties of mucus. Adv Drug Deliv Rev. Vol. 61, pp: 75-85.
8. **Castillo, S.; Rosales, M.; Pohlenz, C. and Gatlin III, D.M., 2014.** Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture. Vol. 433, pp: 6-12.
9. **Cuvin-Aralar, M.L.A.; Luckstaedt, C.; Schroeder, K. and Kühlmann, K.J., 2011.** Effect of dietary organic acid salts, potassium diformate and sodium diformate on the growth performance of male Nile tilapia Oreochromis niloticus. Bull Fish Biol. Vol. 13, pp: 33-40.
10. **Da Silva, B.C.; Vieira, F.D.N.; Mourino, J.L.P.; Ferreira, G.S. and Seiffert, W.Q., 2014.** Butyrate and propionate improve the growth performance of *Litopenaeus vannamei*. Aquac Res. Vol. 47, pp: 612-623.
11. **Dawood, M.A.O.; Eweedah, N.M.; Elbialy, Z.I. and Abdelhamid, A.I., 2020.** Dietary sodium butyrate ameliorated the blood stress biomarkers, heat shock proteins, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress, J Therm Biol. Vol. 1, pp: 1-23.
12. **Ellis A.E., 1990.** Lysozyme assay, techniques in fish immunology. 2nd edn. Fair Haven, USA. 100 p.
13. **Hamer, H.M.; Jonkers, D.; Venema, K.; Vanhoutvin, S.; Troost, F. and Brummer, R.J., 2008.** The role of butyrate on colonic function. Aliment PharmTherap. Vol. 27, pp: 104-119.
14. **Hoseinifar, S.H.; Zoheiri, F. and Caipang, C.M., 2016.** Dietary sodium propionate improved performance, mucosal and humoral immune responses in Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*) fry. Fish Shellfish Immunol. Vol. 55, pp: 523-528.
15. **Hoseinifar, S.H.; Safari, R. and Dadar, M., 2017.** Dietary sodium propionate affects mucosal immune parameters, growth and appetite related genes expression: Insights from zebrafish model. Gen Comp Endocr. Vol. 243, pp: 78-83.
16. **Iwama, G. and Nakanishi, T., 1996.** The fish immune system. Academic Press, London. Chapter 3: innate Immunity in fish. pp: 73-114.
17. **Gumus, E.; Aydin, B. and Kanyilmaz, M., 2016.** Growth and feed utilization of goldfish (*Carassius auratus*) fed

graded levels of brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). Iranian J Fish Sci. Vol. 15, pp: 1124-1133.

18. **Luckstadt, C., 2008.** The use of acidifiers in fish nutrition. CAB Reviews: perspectives in agriculture, veterinary science, nutrition and natural resources. Vol. 3, pp: 1-8.
19. **Maslowski K.M. and Mackay C.R., 2011.** Diet, gut microbiota and immune responses. Nat Immunol. Vol. 12, pp: 5-9.
20. **Okocha, R.C.; Olatoye, I.O. and Adedeji, O.B., 2018.** Food safety impacts of antimicrobial use and their residues in aquaculture. Public health Rev. Vol. 39, pp: 1-22.
21. **Pandey, A. and Satoh, S., 2008.** Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Fish Sci. Vol. 74, pp: 867-874.
22. **Rašković, B.S.; Stanković, M.B.; Marković, Z.Z. and Poleksić, V.D., 2011.** Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. J Agric Sci. Vol. 56, pp: 87-100.
23. **Rashmeei, M.; Shekarabi, S.P.H.; Mehrgan, M.S. and Paknejad, H., 2020.** Stimulatory effect of dietary chasteberry (*Vitex agnus-castus*) extract on immunity, some immune-related gene expression, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*). Fish Shellfish Immunol. Vo. 107, pp: 129-136.
24. **Rashmeei, M.; Shekarabi, S.P.H.; Mehrgan, M.S. and Paknejad, H., 2021.** Assessment of dietary chaste tree (*Vitex agnus-castus*) fruit extract on growth performance, hemato-biochemical parameters, and mRNA levels of growth and appetite-related genes in goldfish (*Carassius auratus*). Aquaculture and Fisheries. Vol. 1, pp: 1-8.
25. **Safari, R.; Hoseinifar, S.H. and Kavandi, M., 2016.** Modulation of antioxidant defense and immune response in zebra fish (*Danio rerio*) using dietary sodium propionate. Fish Physio Biochemi. Vol. 42, pp: 1733-1739.
26. **Wassef, E.A.; Saleh, N.E.; Abdel-Meguid, N.E.; Barakat, K.M.; Abdel-Mohsen, H.H. and El-bermawy, N.M., 2020.** Sodium propionate as a dietary acidifier for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fry: immune competence, gut microbiome, and intestinal histology benefits. Aquacult Int. Vol. 28, pp: 95-111.