



Original Research Paper

Comparison the effect of different acidifiers levels, potassium diformate (KDF) and calcium diformate (CaDF) on food efficiency, food conversion ratio and growth parameters in juvenile *Huso huso*

Abdollah Beytsayah¹, Takavar Mohammadian^{*2,5}, Mehrzad Mesbah^{2,5}, Seydeh Misagh Jallali², Daroush Gharibi^{3,5}, Mohammadreza Tabandeh^{4,5}

¹ PhD Graduated from the Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

³ Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁴ Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁵ Member of Excellence Center of Warm Water Fish Health, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Key Words

Acidifier
Aquaculture
Growth performance
Sturgeon fish
Supplements diet

Abstract

Introduction: Due to the importance of *Huso huso* in Iran and the world and the fact that this fish has no teeth but is a carnivore, which indicates a strong digestive system and is compatible with foods high in protein, there is a need to use acidifiers as a dietary supplement. Recently, the use of Acidifier (a group of organic acids) has been increased in aquaculture. The purpose of this study is to evaluate the effects of Acidifier (potassium diformate and calcium diformate) on the growth performance, nutrition indices, and Digestive enzymes activity of the juvenile *Huso huso*.

Materials & Methods: A total of 840 juvenile *Huso huso* (30.55±1.72 g) was randomly divided into seven experimental treatments (Three replicates each). All groups were fed with the experimental diet for 60 days. The Bioassay conducted on the first day and after 30 and 60 days and then growth parameters were investigated. The experimental diets contain 0.1, 0.15 and 0.2 % Potassium diformate (KDF) and 0.1, 0.15 and 0.2 % Calcium diformate (CaDF). diet control was without any acidifier.

Results: The results showed that specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER) and feed efficiency ratio (FER) decreased with time of experiment in all treatments (even control group) and they were significant increased feed conversion ratio (FCR), condition factor (CF) and daily weight gain with time of experiment in all treatments (even control group). In the first 30 days of the experiment, all growth indices in potassium diformate treatment were 0.15 higher than other treatments and the control group ($P<0.05$). Results show that all growth parameters are affected by acidifier compared to the control group. The best FCR and SGR observed in the groups fed with 0.15 % supplemented food by KDF (1.18 ± 0.03), (5.24 ± 0.25) ($P<0.05$) at day 30 respectively. Although the best FCR and SGR observed in the groups fed with 0.15 % supplemented food by CaDF (1.81 ± 0.05), (2.7 ± 0.15) ($P<0.05$) at day 60 respectively. SGR, DWG and FCR of 0.15% KDF in the whole experimental period (60th days) showed a significant difference with other treatments ($P<0.05$), but in the parameters of FER and PER was Significant difference with other experimental treatments except 0.15% (CaDF) ($P<0.05$). It can be concluded that the addition of 0.15% of KDF to beluga diets improves growth parameters and decreases.

Conclusion: Moreover, these results indicated that 0.15 % of KDF in the diet could be a useful food supplement preferably at 30 days and can be used to improve the growth parameters and welfare in juvenile *Huso huso*.

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

Received: 26 October 2021; Reviewed: 29 November 2021; Revised: 31 December 2021; Accepted: 3 March 2022

(DOI): [10.22034/AEJ.2022.326576.2743](https://doi.org/10.22034/AEJ.2022.326576.2743)

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف اسیدی فایرهای پتاسیم دی فرمات و کلسیم دی فرمات بر کارایی تغذیه، ضریب تبدیل غذایی و پارامترهای رشد در فیل ماهی جوان (*Huso huso*)

عبدالله بیت سیاح^۱، تکاور محمدیان^{۲*}، مهرزاد مصباح^۳، سیده میثاق جلالی^۲، داریوش غریبی^۳، محمدرضا تابنده^۴

^۱ دکتری تخصصی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۲ گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۳ گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۴ گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۵ عضو قطب بهداشت و بیماری‌های ماهیان گرمابی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

مقدمه: با توجه به اهمیت فیل ماهی در ایران و جهان و این مهم که این ماهی فاقد دندان، اما گوشتخوار می باشد که حاکی از وجود دستگاه گوارش قوی و نیاز به غذایی با پروتئین بالا در این ماهیان است، بنابراین نیاز استفاده از اسیدی فایرها به عنوان مکمل غذایی برای پرورش این ماهیان حس می شود. این مطالعه با هدف تعیین اثر سطوح مختلف اسیدی فایرهای پتاسیم دی فرمات و کلسیم دی فرمات بر کارایی تغذیه، ضریب تبدیل غذایی و پارامترهای رشد در بچه فیل ماهیان (*Huso huso*) انجام شد.

مواد و روش ها: تعداد ۸۴۰ بچه ماهی فیل ماهی با میانگین وزن 3.4 ± 0.5 گرم تهیه و به طور تصادفی در قالب هفت گروه با سه تکرار (هر تکرار ۴۰ ماهی) تقسیم و به مدت ۶۰ روز با جیره های آزمایشی تغذیه شدند. گروه های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب حاوی ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد پتاسیم دی فرمات (KDF) و گروه های ۴، ۵ و ۶ حاوی مقادیر ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد کلسیم دی فرمات (CaDF) در جیره غذایی بودند. جیره شاهد بدون اسیدی فایر بود.

نتایج: نتایج نشان داد که ضریب رشد ویژه، بازدهی پروتئین و نسبت بازده غذایی با گذر زمان آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) کاهش و ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت و رشد روزانه با گذر زمان آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) افزایش معنی داری داشتند. در ۳۰ روز اول آزمایش تمامی شاخص های رشد فیل ماهی در تیمار پتاسیم دی فرمات ۰/۱۵ بیش تر از سایر تیمارها و گروه شاهد بود ($P < 0.05$). به طوری که کمترین ضریب تبدیل غذایی (FCR) (1.18 ± 0.03) و بیشترین ضریب رشد ویژه (0.24 ± 0.02) در گروه ۰/۱۵ درصد پتاسیم دی فرمات در روز ۳۰ مشاهده شد. اما در ۳۰ روز دوم آزمایش تیمار کلسیم دی فرمات ۰/۱۵ نسبت به سایر تیمارها و شاهد از عملکرد رشد بهتری برخوردار بود ($P < 0.05$). کمترین ضریب تبدیل غذایی (FCR) (1.08 ± 0.05) و بیشترین ضریب رشد ویژه (0.27 ± 0.01) در گروه ۰/۱۵ درصد کلسیم دی فرمات در روز ۶۰ مشاهده شد ($P < 0.05$). ضریب رشد ویژه، رشد روزانه و ضریب تبدیل غذایی تیمار پتاسیم دی فرمات ۰/۱۵ درصد در کل دوره آزمایشی اختلاف معنی داری را با سایر تیمارهای آزمایشی از خود نشان داد ($P < 0.05$)، اما در پارامترهای کارایی غذایی و کارایی پروتئین دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارهای آزمایشی به جز کلسیم دی فرمات ۰/۱۵٪ بود ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه گیری: به طور کلی، می توان بیان کرد افزودن ترکیبی اسیدی فایر پتاسیم دی فرمات (KDF) به میزان ۰/۱۵ درصد به جیره غذایی فیل ماهی جوان ترجیحا در به مدت ۳۰ روز باعث بهبود پارامترهای رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی (FCR)، می شود که نهایتا شاخص سلامت این ماهی را بهبود می بخشد.

مقدمه

امروزه، آبی پروری به عنوان صنعتی مهم همراه بارشد و پتانسیل بالا محسوب می شود و بخش قابل توجهی از تولید غذای جهانی توسط این بخش تأمین می گردد. آمارها تصریح می کند تولید آبیان برای مصرف انسانی در هفت دهه اخیر، به طور متوسط با نرخ $3/2$ درصد، رو به افزایش بوده که نسبت به نرخ افزایش جمعیت جهانی رقمی دو برابری است؛ به این ترتیب مشخص است که سرانه مصرف آبیان در میان مردم دنیا افزایش داشته است. دو هدف عمده در بخش آبی پروری استفاده از مکان های دارای پتانسیل پرورش آبیان و توسعه پرورش انواع ماهیان گرم آبی، سرد آبی و دریایی و نیز افزایش تولید در واحد سطح (افزایش کارایی) می باشد. کاهش هزینه های پرورش از طریق بهبود کیفیت جیره های غذایی و نیز افزایش مقاومت آبیان پرورشی در برابر شرایط استرس زای پرورش و نیز بیماری ها، یکی از موارد مهم در بالا بردن کارایی تولید ماهی می باشد. افزایش تولید و اقتصادی شدن آبی پروری مستلزم افزایش تراکم است که متعاقب آن ماهی با شرایط استرس زا و بیماری مواجه خواهد شد (۱). با کم شدن منابع آبیان و ذخایر ماهیان خاویاری در جهان و به ویژه دریای خزر یکی از راه حل های موثر جهت افزایش تولید گوشت و خاویار پرورش ماهیان خاویاری است که فرصت سرمایه گذاری مطلوب با رویکرد درآمدی بالا را دارد. فیل ماهی گونه بومی دریای خزر است که به دلیل سازگاری راحت با شرایط پرورشی، مقاوم بودن به تغییرات محیطی سرعت رشد بالا و خاویاردهی با کیفیت به عنوان گونه مهم قابل پرورش در دنیا و حتی در ایران مطرح است. امروزه، استفاده از اسیدیفایرها در خوراک ماهیان جایگزین آنتی بیوتیک ها شده است. هم چنین اسیدیفایرها هم خاصیت باکتریسید و هم خاصیت باکتریوستاتیک دارند که استفاده از آن ها در جیره غنی از پروتئین ماهیان ضروری است. اسیدیفایرها باعث کاهش pH معده و بهبود هضم می شوند (۲، ۳). تغذیه با اسیدهای ارگانیک مانند فورمیک، مالیک، سیتریک و پروپیونیک و بوتیریک اسید و نمک های سدیم و پتاسیم از مهم ترین اسیدهایی هستند که روی تولیدات آبی پروری تأثیر دارند. استفاده از محرک های رشد به خصوص اسیدی فایرها به طور چشمگیری افزایش یافته است. اسیدهای ارگانیک و نمک های آن از طرق مختلف اثر می گذارند مانند اثر روی فراوری غذایی، اثر ضدباکتریایی به خصوص اسیدهای ارگانیکی که زنجیره کوتاه دارند و هم چنین بهبود میکروفلور روده ها و افزایش جذب مواد غذایی به خصوص فسفر و پروتئین می شوند. تاکنون تلاش های بسیاری در جهت معرفی این گونه به عنوان ماهی پرورشی در ایران صورت گرفته است. اما از مشکلات پرورش این گونه های ارزشمند کمبود

تحقیقات لازم در خصوص استفاده از اسیدیفایرها جهت ارتقاء فاکتورهای ارتقا سطح سلامت ماهی می باشد. به علت کم بودن اطلاعات در رابطه با استفاده از سدیم دی فرمات (KDF) و کلسیم دی فرمات (CaDF) در آبیان به مطالعاتی مشابه از اسیدهای آلی و دیگر حیوانات اشاره می گردد. Hadidi و Taati، اظهار نمودند که مکمل اسیدی فایر بایوترونیک در سطح ۸ گرم در کیلوگرم در تقویت کارایی تغذیه و نیز بهبود برخی از شاخص های خونی و ایمنی بچه ماهیان اسکار تأثیر جزئی داشته است (۴). استفاده از ترکیب اسیدی فایر (بایوترونیک اس. ای. فورت) سبب افزایش معنی دار برخی از فاکتورهای رشد و تغذیه در ماهی قزل آلی رنگین کمان شده و دوزهای ۲ و ۴ گرم آن به ازای هر کیلوگرم غذا، بهترین میزان جهت استفاده در تغذیه این ماهی می باشد (۵). Safari و همکاران، اثر سطوح مختلف نمک پروپیونات سدیم در جیره غذایی را بر برخی شاخص های خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بررسی کردند آن ها گزارش کردند که نمک پروپیونات سدیم باعث افزایش گلبول های سفید و کاهش کلسترول خون گردیده و تأثیر چندانی بر دیگر شاخص های خونی و بیوشیمیایی سرم خون ندارد. با افزایش احتمال حضور باکتری های اسیدلاکتیک در دستگاه گوارش به دنبال استفاده از اسیدیفایر در سیستم های پرورش متراکم، شاخص های استرس در خون کاهش می یابد، این ممکن است به علت اثرات ضد استرسی باکتری های مفید موجود در دستگاه گوارش ماهی تغذیه شده با جیره غذایی حاوی اسیدی فایر باشد که با بهبود مکانیسم دفاع آنتی اکسیدانی سبب کاهش شاخص های استرس در خون می شود (۷). یکی از اهداف آبی پروری، استفاده از مکمل های جیره جهت کاهش ضریب تبدیل غذایی و استفاده از مواد غذایی با کیفیت بالا و قیمت مناسب می باشد. لازم به ذکر است که اثر متقابل نوع اسیدهای آلی و گونه ماهی بسیار حائز اهمیت است، چرا که اثرگذاری اسیدهای آلی با توجه به نوع اسیدیفایر مورد استفاده تاحدودی با ساختار دستگاه گوارش ماهی و حتی غلظت مورد استفاده اسید آلی در ارتباط است (۸، ۹). Tran و همکاران، گزارش کردند که اسیدهای آلی قادر به بهبود قابل توجه رشد و هضم مواد مغذی در شرایط اکسیژن نرمال نیستند؛ اما در شرایط هیپوکسی، افزایش قابل توجهی در رشد و هضم مواد مغذی وجود داشت. ماهیان تغذیه شده با مکمل های اسید آلی در شرایط اکسیژن نرمال بهبود در مورفولوژی روده را نشان دادند و این تأثیرات در شرایط هیپوکسی بیش تر مشخص شدند (۸). در پژوهشی Omosowoneet و همکاران، گزارش کردند که در ماهی *C. gariepinus* که با ۲ گرم بوتیریک اسید تغذیه شده افزایش رشد بیش از ۶۰۰ درصد شده است، در حالی که در ماهی *O. niloticus* با جیره حاوی ۱/۵ گرم بوتیریک اسید، رشد ۴۰۰ درصد افزایش

pH و اکسیژن محلول توسط دستگاه اندازه گیری پرتابل مدل AZ ساخت کشور تایوان و آمونیاک توسط دستگاه سنجش آمونیاک مارتینی مدل MI ۴۰۷ در طول آزمایش ثبت شدند.

جدول ۱: ترکیبات جیره مورد استفاده در آزمایش، تهیه شده از شرکت کوپنز آلمان

ترکیبات خوراک	FGS
پروتئین خام(%)	۴۰-۴۴
چربی خام(%)	۱۲-۱۶
فیبر خام(%)	۲-۴
خاکستر(%)	۷-۱۱
فسفر(%)	۱-۲
رطوبت(%)	۵-۱۱
فرم خوراک	شناور

تهیه جیره غذایی: جهت اسیدیفایر و افزودن آن‌ها به جیره ماهیان از روش توصیه شده توسط Hoseinifar و همکاران (۱۱) و Ng و همکاران (۱۲) استفاده گردید. به‌طور خلاصه هر کدام به‌طور جداگانه به غذا اضافه شدند. اسیدیفایر با غلظت‌های مورد نظر تیمارها توزین و سپس در سرم فیزیولوژی حل و به‌همراه ژلاتین به غذای اضافه گردید. بر روی جیره گروه شاهد فقط سرم فیزیولوژی استریل اسپری شد.

زیست سنجی و محاسبه شاخص‌های رشد: جهت تعیین توده زنده هر یک از تیمارها، هر ۱۵ روز یکبار ۱۰۰ درصد ماهیان هر تکرار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ gr توزین و طول کل آن‌ها با تخته بومتری با دقت ۱ mm اندازه‌گیری شد. قبل از انجام زیست سنجی، بچه‌ماهیان به مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه‌داشته شدند. هم‌چنین به منظور ارزیابی میزان رشد ماهیان گروه‌های مختلف در روزهای ۳۰ و ۶۰ پرورش، نسبت به زیست‌سنجی ماهیان اقدام گردید. برای این کار، ابتدا تمامی ماهیان با استفاده از ماده بی‌هوشی ۲-فنوکسی اتانول (۰/۳ میلی‌لیتر در لیتر) بی‌هوش شدند. پس از توزین و زیست سنجی ماهیان با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱) و خط‌کش مدرج حرفه‌ای، شاخص‌های رشد با استفاده از فرمول‌های زیر مورد محاسبه قرار گرفتند (۱۳):

ضریب رشد ویژه (SGR) = $\frac{100}{\text{روز}} \times (\ln W_2 - \ln W_1)$ (دوره پرورش به روز)
 ضریب تبدیل غذایی (FCR) =
 میزان کل وزن تر کسب شده (g) / میزان غذای دریافت شده (g)
 میزان کارایی پروتئین (PER) =
 میزان وزن تر کسب شده (g) / میزان کل پروتئین دریافت شده
 فاکتور وضعیت (CF) =

$100 \times \left[\frac{\text{طول کل ماهی (cm)}}{L^3} \right] / W$ (وزن ماهی g)

داشته است (۹). در پژوهشی Jihong و همکاران، بیان داشتند که افزودن اسید سیتریک باعث افزایش فعالیت پپسین، تخلیه روده و افزایش ضریب هضم ظاهری فسفر می‌شود ولی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های بیوشیمی خون، بافت شناسی روده و جمعیت باکتری روده ندارد. در نهایت بیان کردند که افزودن ۳ درصد اسید سیتریک به جیره غذایی به‌طور قابل توجهی، قابلیت دسترسی بیولوژیکی فسفر را بدون به‌خطر انداختن عملکرد روده و سلامت ماهی بهبود می‌بخشد (۱۰). با توجه به معضلات و تحقیقات انجام گرفته، اسیدیفایرها به عنوان مکمل‌هایی مناسب به‌نظر می‌رسند لذا با توجه به اهمیت فیل ماهی در ایران و جهان و این مهم که این ماهی فاقد دندان اما گوشت‌خوار می‌باشد که حاکی از دستگاه گوارش قوی و متناسب با غذایی با پروتئین بالا است، نیاز استفاده از اسیدیفایرها به‌عنوان مکمل غذایی حس می‌شود. با توجه به این موارد تحقیق پیش‌رو به مطالعه مقایسه‌ای اثر سطوح مختلف اسیدی‌فایرهای پتاسیم دی‌فرمات و کلسیم دی‌فرمات بر کارایی تغذیه و ضریب تبدیل غذایی و عملکرد رشد در فیل ماهی جوان (*Huso huso*) پرداخته است.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش: عداد ۸۴۰ بچه‌ماهی فیل ماهی در اسفندماه ۱۳۹۸، با وزن $34 \pm 4/5$ گرم از مرکز تکثیر و پرورش آبزیان شوش واقع در شهرستان شوش، استان خوزستان، برای این آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. بچه‌ماهی‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی به ۷ تیمار در سه تکرار تقسیم شده، به‌طوری‌که هر تکرار شامل ۴۰ قطعه بچه ماهی بود. تیمارها به ترتیب شامل: یک گروه شاهد که هیچ مکمل اسیدی‌فایر را دریافت نکرد و ۳ تیمار آزمایشی اول که مقادیر ۱، ۱/۵ و ۲ گرم اسیدی‌فایر پتاسیم دی‌فرمات و ۳ تیمار آزمایشی دوم که مقادیر ۱، ۱/۵ و ۲ گرم اسیدی‌فایر کلسیم دی‌فرمات را به‌صورت خوراکی به همراه هر کیلوگرم غذا دریافت کردند، (۲) بودند. طول دوره تحقیق بدون احتساب دو هفته سازگاری، هشت هفته بود. غذای استفاده شده در این تحقیق غذای کنسانتره کوپنز (ساخت کشور آلمان) مخصوص ماهیان خاویاری از روز صفر تا ۳۰ با سایز پیش پروراری (FGS1: Food Growth Sturgeon) و از روز ۳۰ تا روز ۶۰ با سایز پروراری (FGS2) بود (جدول ۱). تغذیه ماهیان در تمام تیمارها روزانه در سه نوبت در ساعات ۸ صبح، ۱۴ و ۲۰ به میزان ۳ درصد وزن توده زنده انجام گردید. منبع آب ورودی از چاه، تحت فشار وارد مخزن اصلی و از آن‌جا همراه هوادهی وارد هر یک از مخازن می‌شد. ابتدا تعداد ۲۱ مخزن فایبر گلاس ۲۰۰۰ لیتری، با شرایط محیطی کنترل شده و یکسان آماده‌سازی شد. میانگین دمای آب،

میزان رشد روزانه (DWG)=

میانگین وزن نهایی - میانگین وزن اولیه (g) / تعداد روزهای آزمایش (d)
تجزیه و تحلیل آماری: برای آنالیز اطلاعات از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد و تأثیر اسیدیفایرهای مختلف بر عملکرد رشد بین ۷ تیمار توسط آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) یک و دو طرفه با ضریب اطمینان ۹۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها از آزمون تکمیلی Duncan در سطح معنی‌داری ۰/۰۵٪ استفاده شد. هم‌چنین ترسیم نمودار در فضای نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰) انجام گرفت.

نتایج

ضریب رشد ویژه (SGR: Specific Growth Ratio): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسیدیفایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر میزان ضریب رشد ویژه دارند ($P \leq 0/01$). ضریب رشد ویژه با گذر زمان آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). بین تیمارهای آزمایشی در روز ۳۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($5/24 \pm 0/31$ درصد/روز) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($4/87 \pm 0/18$ درصد/روز) بود (جدول ۲). بین تیمارهای آزمایشی در روز ۶۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($2/75 \pm 0/15$ درصد/روز) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($2/36 \pm 0/14$ درصد/روز) بود (جدول ۳). در مجموع دوره پرورش تیمارهای آزمایشی در ۶۰ روز، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی از خود نشان داد ($P < 0/05$) (جدول ۴).

ضریب تبدیل غذایی (FCR: Food conversion ratio): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسیدیفایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر میزان ضریب تبدیل غذایی دارند ($P \leq 0/01$). ضریب تبدیل غذایی با گذر زمان آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) افزایش داشت. در بین تیمارها، در روز ۳۰، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ کم‌ترین مقدار را داشته ($1/18 \pm 0/35$) و با شاهد و سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0/05$) و بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($1/36 \pm 0/41$) اندازه‌گیری شد. بین تیمارهای آزمایشی در روز ۶۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($1/94 \pm 0/11$) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($1/8 \pm 0/05$) بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0/05$) اما تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۲ با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$) در

مجموع دوره پرورش تیمارهای آزمایشی در ۶۰ روز، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0/05$).

بازدهی پروتئین (PER: Protein Efficiency Ratio): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسیدیفایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر میزان بازدهی پروتئین دارند ($P \leq 0/01$). بازدهی پروتئین با گذر زمان آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) کاهش داشت. بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($1/93 \pm 0/03$ درصد) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($1/68 \pm 0/02$) در روز ۳۰ آزمایش بود (جدول ۲). بین تیمارهای آزمایشی در روز ۶۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($1/59 \pm 0/17$) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($1/38 \pm 0/01$) بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$) اما تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۲ با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۳). در مجموع دوره پرورش تیمارهای آزمایشی در ۶۰ روز، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی به جز کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ بود ($P < 0/05$) (جدول ۴).

نسبت بازده غذایی (FER: Feed Efficiency Rate): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسیدیفایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر میزان نسبت بازده غذایی دارند ($P \leq 0/01$). نسبت بازده غذایی در طی دوره آزمایش در تمام تیمارها (حتی گروه شاهد) کاهش داشت. این پارامتر در بازه‌ی ۳۰ روزه بین پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱، ۰/۱۵ و شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$) اما سایر تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0/05$). تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($85/22 \pm 4/34$ درصد) بیش‌ترین مقدار را در این پارامتر و تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($73/7 \pm 78/3$ درصد) کم‌ترین مقدار را داشت (جدول ۲). بین تیمارهای آزمایشی در روز ۶۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ ($63/71 \pm 4/5$ درصد) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱ ($55/4 \pm 8/01$ درصد) بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$) اما تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۲ با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۳). در مجموع دوره پرورش تیمارهای آزمایشی در ۶۰ روز، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی به جز کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵ و پتاسیم دی‌فرمات ۰/۲ بود ($P < 0/05$) (جدول ۴).

فاکتور وضعیت (CF): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسیدیفایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر

و کم‌ترین مقدار در کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵٪ (۳/۶۳±۰/۱۶) در ۳۰ روز اول آزمایش بود (جدول ۲). بین تیمارهای آزمایشی در روز ۶۰ بالاترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵٪ (۶/۱±۲۴/۳۲) و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۲٪ (۵/۵۳±۰/۷۲) بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۲). در مجموع دوره پرورش تیمارهای آزمایشی در ۶۰ روز، تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵٪ دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایشی بود (P<۰/۰۵) (جدول ۴).

میزان فاکتور وضعیت ندارند (P≥۰/۰۰۱). فاکتور وضعیت در طی دوره آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) افزایش داشت. این پارامتر در طی ۳۰ و ۶۰ روز بین تمام تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵).

رشد روزانه (DWG): آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که غلظت اسدی‌فایرهای مختلف، زمان و اثر متقابل این دو تاثیر معنی‌داری بر میزان رشد روزانه دارند (P≤۰/۰۰۱). رشد روزانه در طی دوره آزمایش در تمام تیمارها (حتی شاهد) افزایش داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار پتاسیم دی‌فرمات ۰/۱۵٪ (۴/۴۹±۰/۱) بود.

جدول ۲: تغییرات شاخص‌های رشد در فیل ماهیان در گروه‌های مختلف تغذیه شده با اسیدی‌فایرها و شاهد (میانگین ± انحراف معیار) در ۳۰ روز اول آزمایش

تیمارها	درصد اسیدی‌فایر	WI (gr)	WF (gr)	CF (%)	SGR (%)	FCR	PER	DWG	FER (%)
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱	۳۳/۱±۹/۲ ^a	۱۵۶/۰±۹/۳ ^{ab}	۰/۴۱±۰/۰۴ ^a	۵/۲±۰/۳ ^{۱a}	۱/۲۳±۰/۰۲ ^{۱c}	۱/۸۵±۰/۱۸ ^b	۴/۱۳±۰/۱۸ ^b	۸۱/۲۲±۴/۳۴ ^b
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۳۵/۵±۹/۷ ^a	۱۷۰/۰±۹/۱۷ ^a	۰/۴۳±۰/۱۷ ^a	۵/۲۴±۰/۲۵ ^a	۱/۱۸±۰/۰۳ ^{۵d}	۱/۹۳±۰/۰۳ ^a	۴/۴۹±۰/۱۳ ^a	۸۵/۰۶±۳/۱۶ ^a
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۲	۳۳/۲±۹/۴ ^a	۱۴۶/۲±۹/۳۴ ^b	۰/۴۱±۰/۱ ^a	۴/۹۴±۰/۱۱ ^e	۱/۳۲±۰/۰۱۴ ^b	۱/۷۲±۰/۰۳ ^c	۳/۷۸±۰/۲۱ ^c	۷۵/۵۵±۴/۳ ^c
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱	۳۳/۳±۵/۴ ^a	۱۴۳/۱±۵/۱۴ ^b	۰/۴۱±۰/۰۵ ^a	۴/۹۸±۰/۱۸ ^d	۱/۳۶±۰/۰۴ ^{۱a}	۱/۶۸±۰/۰۳ ^c	۳/۷۱±۰/۲۲ ^d	۷۳/۷۸±۷/۳ ^c
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۳±۳۳/۱ ^a	۱۴۱/۲±۵/۲ ^b	۰/۴۰±۰/۰۹ ^a	۴/۸۷±۰/۹ ^{۱f}	۱/۳۴±۰/۰۴ ^{۲a}	۱/۷±۰/۰۳ ^c	۳/۶۳±۰/۱۶ ^e	۷۴/۶۳±۳/۲ ^c
کلسیم دی‌فرمات	۰/۲	۳۲/۱±۵/۲ ^a	۱۴۵/۲±۸/۱۲ ^b	۰/۴۱±۰/۱ ^a	۵/۰۱±۰/۳۸ ^d	۱/۳±۰/۰۷ ^b	۱/۷۴±۰/۱ ^c	۳/۷۸±۰/۲۱ ^c	۷۶/۷۵±۵/۴ ^c
شاهد	صفر	۳۱/۳±۷/۸ ^a	۱۴۴/۴±۳/۲۸ ^b	۰/۴۴±۰/۰۴ ^a	۵/۰۵±۰/۵۱ ^c	۱/۳۲±۰/۰۱۴ ^b	۱/۷۳±۰/۰۴ ^c	۳/۷۱±۰/۲۲ ^d	۷۶/۰۵±۱/۲ ^c

*حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۳: تغییرات شاخص‌های رشد در فیل ماهیان (در گروه‌های مختلف تغذیه شده با اسیدی‌فایرها و شاهد (میانگین ± انحراف معیار) در ۳۰ روز دوم آزمایش

تیمارها	درصد اسیدی‌فایر	WI (gr)	WF (gr)	CF (%)	SGR (%)	FCR	PER	DWG	FER (%)
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱	۱۵۶/۰±۹/۲ ^{ab}	۳۱۸/۲±۸۷/۲	۰/۴۷±۰/۰۴ ^a	۲/۳۶±۰/۱۴ ^g	۱/۹۴±۰/۰۱ ^a	۱/۳۸±۰/۰۱ ^e	۵/۴±۰/۲۴ ^e	۵۵/۴±۸/۰۱ ^d
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۱۷۰/۰±۹/۱۷ ^a	۳۵۷/۳±۳۲/۵	۰/۴۶±۰/۱۷ ^a	۲/۴۷±۰/۰۵ ^f	۱/۸۵±۰/۰۵ ^d	۱/۵۷±۰/۱۳ ^b	۶/۲۴±۱/۳۲ ^a	۶۲/۷±۴/۰۳ ^a
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۲	۱۴۶/۲±۹/۳۴ ^b	۳۲۶/۵±۲۱/۸	۰/۴۷±۰/۱ ^a	۲/۶۶±۰/۱۷ ^b	۱/۸۴±۰/۰۳ ^e	۱/۵۴±۰/۱۷ ^b	۵/۹۸±۱/۰۷ ^c	۶۱/۷±۷/۰۷ ^a
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱	۱۴۳/۱±۵/۱۴ ^b	۳۱۶/۶±۳۸/۵	۰/۴۷±۰/۰۵ ^a	۲/۶۳±۰/۰۸ ^c	۱/۸۷±۰/۰۳ ^c	۱/۴۹±۰/۱۸ ^c	۵/۷۶±۰/۱۸ ^c	۵۹/۴۱±۸/۸ ^b
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۱۴۱/۲±۵/۲ ^b	۳۲۴/۴±۱۸/۸	۰/۴۴±۰/۰۹ ^a	۲/۷۵±۰/۱۵ ^a	۱/۸±۰/۰۵ ^f	۱/۵۹±۰/۱۷ ^a	۶/۰۷±۰/۲۳ ^b	۶۳/۷۱±۴/۵ ^a
کلسیم دی‌فرمات	۰/۲	۱۴۵/۲±۸/۱۲ ^b	۳۱۱/۷±۵/۹	۰/۴۵±۰/۱ ^a	۲/۵۳±۰/۱۲ ^e	۱/۸۹±۰/۰۴ ^b	۱/۴۴±۰/۱۲ ^d	۵/۵۳±۰/۷۲ ^d	۵۷/۵±۳/۱۲ ^c
شاهد	صفر	۱۴۴/۴±۳/۲۸ ^b	۳۱۰/۶±۳۳/۲	۰/۴۳±۰/۰۴ ^a	۲/۵۵±۰/۰۹ ^d	۱/۸۹±۰/۰۲۴ ^b	۱/۴۴±۰/۱۶ ^d	۵/۵۵±۰/۳۹ ^d	۵۷/۶±۷/۰۹ ^c

*حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۴: تغییرات شاخص‌های رشد در فیل ماهیان (در گروه‌های مختلف تغذیه شده با اسیدی‌فایرها و شاهد (میانگین ± انحراف معیار) در ۶۰ روز آزمایش

تیمارها	درصد اسیدی‌فایر	WI (gr)	WF (gr)	CF (%)	SGR (%)	FCR	PER	DWG	FER (%)
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱	۳۳/۱±۹/۲ ^a	۳۱۸/۲±۸۷/۳ ^{ab}	۰/۴۷±۰/۰۰۴ ^a	۳/۷۸±۲/۲۱ ^c	۱/۸۴±۰/۱ ^a	۱/۳±۰/۵۸ ^c	۴/۷۶±۰/۱۸ ^c	۵۴/۴۹±۸/۰۱ ^b
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۳۵/۵±۹/۷ ^a	۳۵۷/۳±۳۲/۵ ^a	۰/۴۶±۰/۱۱ ^a	۳/۸۶±۰/۱۶ ^a	۱/۶۸±۰/۲۵ ^c	۱/۴۱±۰/۲۳ ^a	۵/۳۷±۰/۱۳ ^a	۵۹/۴۱±۴/۰۳ ^a
پتاسیم دی‌فرمات	۰/۲	۳۳/۲±۹/۴ ^a	۳۲۶/۵±۲۱/۸۴ ^{ab}	۰/۴۶±۰/۱ ^a	۳/۸±۰/۱۱ ^b	۱/۷۷±۰/۱۳ ^{۴b}	۱/۳۵±۰/۷۳ ^b	۴/۸۸±۰/۲۱ ^b	۵۶/۵۸±۷/۰۷ ^{ab}
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱	۳۳/۳±۵/۴ ^a	۳۱۶/۶±۳۸/۵ ^{۴ab}	۰/۴۶±۰/۰۵ ^a	۳/۸۱±۰/۱۸ ^b	۱/۸۳±۰/۱ ^a	۱/۳±۰/۲۲ ^c	۴/۷۴±۰/۲۳ ^c	۵۴/۷۲±۸/۸ ^b
کلسیم دی‌فرمات	۰/۱۵	۳۳/۱±۳/۱ ^a	۳۲۴/۴±۱۸/۸۲ ^{ab}	۰/۴۵±۰/۰۹ ^a	۳/۸۱±۰/۹ ^{۱b}	۱/۷۳±۰/۲ ^b	۱/۳۷±۰/۳ ^a	۴/۸۵±۰/۱۶ ^b	۵۷/۶۹±۴/۵ ^a
کلسیم دی‌فرمات	۰/۲	۳۲/۱±۵/۲ ^a	۳۱۱/۷±۵/۹۲ ^b	۰/۴۶±۰/۱۲ ^a	۳/۷۷±۰/۳۸ ^c	۱/۸۲±۰/۱۷ ^a	۱/۳±۰/۳۳ ^c	۴/۶۵±۰/۲۱ ^d	۵۴/۷۲±۳/۱۲ ^b
شاهد	صفر	۳۱/۳±۷/۸ ^a	۳۱۰/۶±۳۳/۲۴ ^b	۰/۴۷±۰/۱ ^a	۳/۸±۰/۵۱ ^b	۱/۸۳±۰/۲۴ ^a	۱/۲۸±۰/۷۱ ^c	۴/۶۴±۰/۲۲ ^d	۵۴/۵±۷/۰۹ ^b

*حروف غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

بحث

بیش تر پارامترهای رشد در این پژوهش تحت تاثیر اسیدی فایرها قرار گرفتند، به طوری که نرخ رشد ویژه، درصد افزایش وزن، نسبت بازده پروتئین و فاکتور وضعیت (ضریب چاقی) در گروه با جیره حاوی ۰/۱۵ درصد پتاسیم دی فرمات افزایش معنی داری نسبت به سایر گروه ها و شاهد در ۳۰ روز نخست آزمایش داشته است ($P < 0/05$). ضریب تبدیل غذایی نشان می دهد که چه مقدار از غذای مصرف شده صرف افزایش وزن ماهی شده است. مقدار ضریب تبدیل (FCR) غذایی در تیمار ۰/۱۵ درصد پتاسیم دی فرمات نیز نسبت به سایر گروه ها و گروه شاهد کاهش معنی داری را نشان داد ($P < 0/05$). نتایج حاصله با پژوهش های انجام شده در این زمینه هم خوانی دارد. پژوهش های انجام شده نشان داد، استفاده از اسیدهای آلی به عنوان ماده جاذب در جیره غذایی فیل ماهیان جوان باعث افزایش و بهبود پارامترهای رشد و تغذیه ای شده است (۱۴). احتمالاً اسیدی فایر در افزایش انتقال اسیدهای چرب به میتوکندری و وارد کردن به چرخه کربس و استفاده از آن ها برای تأمین انرژی نقش داشته باشد، به طوری که از سوزاندن پروتئین به عنوان ماده انرژی زا جلوگیری می کند (۲). هم سو با نتایج مطالعه حاضر، Nermeen و همکاران، بیان کردند که افزودن مقادیر ۰/۲٪ و ۰/۳٪ دی فرمات پتاسیم به غذای تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) سبب بهبود مصرف جیره، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نسبت بازده پروتئین و بهبود قابلیت هضم پروتئین می گردد (۱۵). Sudagar و همکاران، نیز طی مطالعه ای اعلام نمودند استفاده از اسیدسیتریک (اسید آلی) به عنوان ماده جاذب در جیره غذایی فیل ماهیان جوان به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم به ازای هر کیلوگرم جیره باعث افزایش وزن نهایی و بهبود معنی دار نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و کاهش ضریب تبدیل غذایی می گردد (۱۴). Ragaa و Abu Elala، در تحقیقی از پتاسیم دی فرمات در جیره غذای ماهی تیلاپیای نیل استفاده کردند و تفاوت معنی داری را در شاخص های رشد مشاهده کردند (۱۶). هم چنین نتایج مشابه با مطالعه حاضر در مطالعه De Schryver و همکاران، در ماهی سی باس اروپایی تغذیه شده با پلی هیدروکسی بوتیرات (PHB) (Poly Hydroxy Butyrate) مشاهده شد (۱۷). در حالی که، در مغایرت با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مطالعات دیگر در ماهی پاکوی قرمز (*Sciaenops ocellatus*) تغذیه کرده از پتاسیم دی فورمات و اسیدپلی هیدروکسی بوتیرات (۱۸) و تاس ماهی سبیری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با پلی هیدروکسی بوتیرات و ماهی باس دریایی اروپایی تغذیه شده با سدیم بوتیرات (۱۹) تفاوتی در شاخص های رشد با شاهد نشان ندادند. البته شایان ذکر است که این روند افزایشی رشد در مطالعه حاضر تا پایان دوره آزمایش ادامه نیافته و روند کاهشی را از خود نشان می دهند. در این میان نکته قابل توجه این است که در ۳۰ روزه دوم آزمایش، شاخص های رشدی

اندازه گیری شده نسبت به ۳۰ روزه اول آزمایش به طور نسبی کاهش معنی داری داشته و روند کندتری را می پیماید. تنها در تیمار حاوی ۰/۱۵ درصد کلسیم دی فرمات (تیمار پنجم)، افزایش معنی داری نسبت به سایر گروه ها و شاهد در ۳۰ روز دوم آزمایش مشاهده شد ($P < 0/05$). بهبود عملکرد رشد در ۳۰ روز اول می تواند به دلایلی از جمله نقش اسیدهای آلی در کاهش بار میکروبی در جیره غذای (۲۰)، استفاده از اسیدهای آلی در جیره و شروع فرایند هضم در جیره غذایی (۲۱)، کاهش pH معده و عملکرد بهتر پپسین (۲۲)، کاهش pH روده و کاهش باکتری های مضر و توازن فلور میکروبی روده (۲۳) اشاره کرد. هم چنین جیره های حاوی اسیدی فایر اثرات مفیدی بر رشد آبزبان دارند چون مصرف غذا، بازدهی رشد و مقاومت علیه بیماری ها را بهبود می بخشد. در مطالعه Reda و همکاران، ماهیان انگشت قد تیلاپیای نیل که با جیره حاوی مخلوط اسیدفرمیک، اسید پروپیونیک و کلسیم پروپیونات (در دوزهای ۱ و ۲ g/kg در جیره) تغذیه شد و با تیماری که با دوز ۵ g/kg اکسی تتراسایکلین به مدت ۲ ماه تغذیه شده بود، مقایسه شدند، که نتایج نشان داد مخلوط اسیدی فایرها FBW، وزن گیری، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی را به صورت وابسته به دوز، بهبود بخشیده بودند (۲۴). نتایج مشابه نیز در مورد ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف دی فرمات پتاسیم و سدیم، به دست آمده است که با نتایج مطالعه حاضر در ۳۰ روز اول هم خوانی دارد. (۲۵، ۳). Xie و همکاران، گزارش دادند که رژیم غذایی تیلاپیا اگر با غلظت های مختلف سیتریک، پروپیونیک و لاکتیک اسید غنی شود، رفتار غذا گرفتن (Feed-biting) بهبود پیدا می کند و در ادامه خوردن غذا را تحریک می کند (۲۶). غنی کردن جیره با ارگانیک اسیدها رشد گونه های مختلف ماهی و میگو را بهبود می بخشد (۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲). اثرات مثبت نمک های آلی در صنعت دامپروری به دفعات گزارش شده است اما گزارش های ضد و نقیضی نیز در مورد این موضوع وجود دارد. در این مطالعه، در روز ۳۰ آزمایش تیمار ۰/۱۵ و ۰/۱ درصد پتاسیم دی فرمات ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل، ضریب کارایی پروتئین، وزن گیری روزانه و ضریب کارایی تغذیه ای بهتری در مقایسه با شاهد از خود نشان دادند، این در حالی است که سایر پارامترها در مقایسه با شاهد تفاوت معنی داری نداشتند. افزایش عملکرد رشد تا ۳۰ روز اول آزمایش را می توان به اثر مثبت نوع اسیدی فایر و غلظت تجویز آن در خوراک نسبت داد. بطوری که، دی فرمات پتاسیم در غلظت ۰/۱۵ عملکرد رشد بهتری نسبت به غلظت های دیگر، انواع دیگر اسیدی فایر و شاهد دارد. با این حال، در ۳۰ روز دوم، این روند مشاهده نشد و کاهش عوامل رشد در همه گروه ها دیده شد. احتمالاً تغییر جیره مصرفی از پیش پرواری (FFS2) در ۳۰ روز اول به غذای پرواری (GFS1) با سایز بزرگ تر و متناسب با دهان ماهیان در ۳۰ روز دوم نسبت داد، چراکه دارای ساختار متفاوت اجزای غذایی است و هم چنین رشد و شاخص های تغذیه ای به دلیل افزایش طول عمر

نیاز حیوان مرتفع شده و خوراک کم‌تری مصرف می‌شود (۳۶). یکی دیگر اثرات مثبت گزارش شده در رابطه با ترکیبات اسید آلی این ترکیبات می‌توانند ماده خشک غذا را افزایش داده و باعث هضم پروتئین خام و جذب مواد معدنی شده که منجر به افزایش وزن و کاهش میزان ضریب تبدیل غذایی در آبزیان شود (۳۷). Storebakken و همکاران، طی یک پژوهش اثر پتاسیم دی فرمات (KDF) را بر روی هضم پذیری جیره بر پایه پروتئین گیاهی بررسی کردند. نتایج نشان داد، هضم ظاهری اکثر اسید آمینه‌ها با افزودن KDF به خوراک بهبود می‌یابد (۳۸). اما در مقایسه با سایر مکمل‌های اسیدی‌فایری در جیره غذایی فیل ماهی می‌توان بیان نمود افزودن پتاسیم دی فرمات ۰/۱۵٪ باعث بهبود فاکتورهای رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی (FCR) در ۳۰ روز اول آزمایش شد.

تشکر و قدردانی

این کار با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (شماره قرارداد پژوهانه: scu.vc98.299) و قطب علمی ماهیان گرمابی، دانشگاه شهید چمران 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., Nasirpour, M., Tabandeh, M.R., Heidary, A.A., Ghanei-Motlagh, R. and Hosseini, S.S., 2019. Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection. *Fish Shellfish Immunology*. 86: 269-279.
2. Khajepour, F. and Hosseini, S.A., 2012. Citric acid improves growth performance and phosphorus digestibility in Beluga (*Huso huso*) fed diets where soybean meal partly replaced fish meal. *Animal feed science and technology*. 171(1): 68-73.
3. Cuvin-Aralar, M.A., Luckstadt, C., Schroeder, K. and Kuhlmann, K., 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.* 13: 33-40.
4. Hadidi, S. and Taati, R., 2016. Effect of different levels of dietary Biotronic™ as acidifier supplement on feed efficiency and some hematological and immune parameters of tiger Oscar (*Astronotus ocellatus*). *Iranian Veterinary Journal*. 12(3): 32-41. (In Persian)
5. Mohammadi, M.J., Rajabzadeh Ghatrami, E., Soltani, M., Ghaedi, A. and Alishahi, M., 2020. Effects of sodium diformate and citric acid on growth performance, immune and hematological parameters of the juvenile *Oncorhynchus mykiss*. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. 29(1): 117-129. (In Persian)
6. Safari, R., Shabnam Nejad, M., Hosseinfar, S.H. and Jafarodeh, A., 2018. Effects of dietary Sodium propionate on hematological and serum biochemical indices in Common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Animal Environment*. 9(3): 203-210. (In Persian)
7. 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

ماهی که معمولاً تا بلوغ جنسی ادامه دارد، کاهش می‌یابد. با افزایش سن در همه ماهیان، نرخ رشد کاهش یافته و فیل ماهی نیز از این امر مستثنی نیست. احتمالاً بهبود عملکرد رشد در تیمار کلسیم دی‌فرمات ۰/۱۵٪ در ۳۰ روز دوم را به افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی، بهبود مورفولوژی روده توسط این تیمار نسبت داد (۳۳). ممکن است غذادهی به مدت طولانی با مقدار ۰/۱۵ درصد پتاسیم دی‌فرمات در جیره سبب کاهش نقش بهبوددهندگی اسیدی‌فایرها و کم کردن ضریب رشد ماهی‌ها در اثر تقابلات درونی با عملکردهای طبیعی فیزیولوژیک میکروبیوتای دستگاه گوارش ماهی گردد. اما در دراز مدت تیمار ۰/۱۵ درصد کلسیم دی‌فرمات توانست باعث بهبود روند رشد در ماهیان تغذیه شده با این مکمل اسیدی‌فایری به مدت ۶۰ روز شود. بنابراین نتیجه می‌گیریم که مقدار اسیدی‌فایر و نوع آن می‌توانند در عملکرد دستگاه گوارش ماهیان مختلف موثر باشند. همان‌طور که بیان شد اسیدهای آلی اسیدهای ضعیفی هستند که قدرت اسیدی آن‌ها با میزان یونیزاسیون و دیونیزاسیون این اسیدها در pH مشخص در ارتباط است. هرچه pKa (لگاریتم منفی ثابت تفکیک اسید) یک اسید پایین‌تر باشد این اسید قوی‌تر و فعال‌تر است به‌طوری‌که پروپیونیک اسید ۴/۸۸، بوتریک اسید ۴/۸۲، استیک اسید ۴/۷۶ و فرمیک اسید ۳/۷۵ می‌باشد. تفاوت این pKaها نشان‌دهنده قدرت اسیدی‌فایری‌های دی‌فرمات است. هم‌چنین هرچه ساختار مولکول اسید، ساده‌تر و زنجیره آن کوتاه‌تر باشد، فعالیت آن اسید و قدرت عبور اسید از دیواره سلولی بیش‌تر است. در این مورد نیز فرمیک اسیدها دارای تعداد مول در کم‌تری در هر کیلوگرم ماده خالص دارند. به‌طوری‌که، تعداد مول در اسید فرمیک ۴۶/۳، اسید بوتیریک ۸۸/۱۲، سورییک اسید ۱۱۴/۱۲ می‌باشد. لذا این چنین می‌توان بیان نمود که تفاوت نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر به تفاوت عملکردی اسیدهای آلی دی‌فرمات پتاسیم و کلسیم نشان داد چرا که پتاسیم دی‌فرمات نسبت به سایر اسیدهایی که تاکنون در پرورش آبزیان استفاده شده است هم از نظر pKa و هم از نظر تعداد مول در واحد کیلوگرم خالص کم‌تر و در نتیجه نقش بهتری را در فرایندهای سلولی ایفا می‌کند. این مساله می‌تواند در تأیید مقایسه عملکرد بهتر مقدار اسیدی‌فایر کم‌تر در جیره در این آزمایش (تیمار دوم و پنجم) با سایر تیمارها در نتیجه مقایسه داده‌های به‌دست آمده در روز ۶۰ نسبت به روز ۳۰ باشد. نتایج مطالعه ما با مطالعات DeWet و همکاران بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، تغذیه شده با ترکیب فرمات و سوربات (۳۴) مطابقت داشته است. در این رابطه Wassef و همکاران، مقدار ۳٪ دی‌فرمات سدیم را به عنوان محرک رشد در ماهی باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) در مدت ۱۳ هفته گزارش کردند (۳۵). Momeni و همکاران، گزارش کردند که سدیم دی‌فرمات از طریق کاهش pH دستگاه گوارش منجر به کاهش سرعت عبور مواد مغذی از روده کوچک شده در نتیجه زمان بیش‌تری جهت هضم مواد غذایی فراهم و جذب افزایش می‌یابد و

22. Hossain, M.A., Pandey, A. and Satoh, S., 2007. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in red sea bream *Pagrus major*. Fish Sci. 73: 1309-1317.
23. Pandey, A. and Satoh, S., 2008. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fisheries science. 74: 867-874.
24. Reda, R.M., Mahmoud, R., Selim, K.M. and El-Araby, I.E., 2016. Effects of dietary acidifiers on growth, hematology, immune response and disease resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Fish & Shellfish Immunology. 50: 255-262.
25. Lim, C., Luckstadt, C. and Klesius, P.H., 2010. Review: use of organic acids, salts in fish diets. Global Aquaculture Advocate. 13(5): 45-46.
26. Xie, S., Zhang, L. and Wang, D., 2003. Effects of several organic acids on the feeding behaviour of *Tilapia nilotica*. Journal of Applied Ichthyology. 19: 255-257.
27. Romano, N., Koh, C.B. and Ng, W.K., 2015. Dietary microencapsulated organic acids blend enhances growth, phosphorus utilization, immune response, hepatopancreatic integrity and resistance against *Vibrio harveyi* in white shrimp. Aquaculture. 435: 228-236.
28. Luckstadt, C., 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 3(044): 1-8.
29. Gislason, G., Olsen, R.E. and Hinge, E., 1996. Comparative effects of dietary Na⁺-lactate on Arctic char, *Salvelinus alpinus* L., and Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture Research. 27(6): 429-435.
30. Baruah, K., Sahu, N.P., Pal, A.K., Debnath, D. and Mukherjee, S.C., 2007. Dietary Microbial Phytase and Citric Acid Synergistically Enhances Nutrient Digestibility and Growth Performance of *Labeo rohita* (Hamilton) Juveniles at Sub-Optimal Protein Level. Aquaculture Research. 38(2): 109-120.
31. Da Silva, B.C., Vieira, F.N., Mourão, J.L.P., Ferreira, G.S. and Seiffert, W.Q., 2013. Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. Aquaculture. 4: 104-110.
32. Jedi Mostafaloo, A., Hedayatifard, M., Keshavarz, M. and Mohammadian, T., 2021. Effects of different levels of Sodium diformate and Formic acid salt on growth performance, digestive enzymes, and innate immunological parameters of Beluga (*Huso huso*) juveniles. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 20(3): 879-900.
33. Kalantarian, S., Mirzargar, S., Rahmati-Holasoo, H., Sadeghinezhad, J. and Mohammadian, T., 2020. Effects of oral administration of acidifier and probiotic on growth performance, digestive enzymes activities and intestinal histomorphology in *Salmo trutta caspius*. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19: 1532-1555.
34. De Wet, L., 2005. Can organic acid effectively replace antibiotic growth promotants in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* raised under suboptimal water temperatures. In WAS Conference, Bali, Indonesia.
35. 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 seabass? Effect on growth performance and health status. The Egyptian Journal of aquatic research. 43(3): 229-234.
36. Momeni, H., Masbah, M., Mohammadian, T., Tabandeh, M.R. and Khosravi, M., 2020. The effect of different concentrations of sodium di-formate on serum biochemical and antioxidant indices in *Salmo trutta caspius*. Journal of Animal Environment. 12(3): 241-250. (In Persian)
37. Rasha, M.R., Rania, M., Khaled, M.S. and Iman, E.E., 2016. Effects of dietary acidifiers on growth, hematology, immune response and disease resistance of Nile tilapia. Fish & Shellfish Immunology. 50: 255-262.
38. Storebakken, T., Berge, G.M., Overland, M., Shearer, K.D., Hillestad, M. and Krogdahl, Å., 2010. Dietary potassium diformate protects against heat-induced reduction of protein digestibility in a mixture of full-fat soy and wheat when used in extruded diets for Atlantic salmon. In Proceedings of the 14th International Symposium on Fish Nutrition & Feeding, Qingdao, China (Vol. 522). immunological related genes in *Salmo trutta caspius*. Aquaculture Nutrition. 26: 2074-2085.
8. Tran-Ngoc, K.T., Huynh, S.T., Sendao, J., Nguyen, T.H., Roem, A.J., Verreth, J.A.J. and Schrama, J.W., 2018. Environmental conditions alter the effect of organic acid salts on digestibility and intestinal morphology in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition. 25(1): 134-144.
9. Omosowone, O.O., Dada, A.A. and Adeparusi, E.O., 2018. Comparison of dietary butyric acid supplementation effect on growth performance and body composition of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* fingerlings. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 17(2): 403-412.
10. Jihong, D., Yanxian, L., Pei Y., Yang, L., Zhichu, C., Weihao, O., Qinghui, A., Wenbing, Z., Yanjiao, Z. and Kangsen, M., 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.
11. Hoseinifar, S.H., Sun, Y.Z. and Caipang, C.M., 2017. Short chain fatty acids as feed supplements for sustainable aquaculture: an updated view. Aquaculture Research. 48: 1380-1391.
12. Ng, W.K., Koh, C.B., Teoh, C.Y. and Romano, N., 2015. Farm-raised tiger shrimp, *Penaeus monodon*, fed commercial feeds with added organic acids showed enhanced nutrient utilization, immune response and resistance to *Vibrio harveyi* challenge. Aquaculture. 449: 69-77.
13. Mohammadian, T., Alishahi, M., Tabandeh, M., Ghorbanpoor, M. and Gharibi, D., 2017. Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on growth performance, gut microbial flora and digestive enzymes activities in *Tor grypus* (Karaman, 1971). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 16(1): 296-317.
14. Sudagar, M., Zelti, H. and Hosseini, 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. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 3(4): 311-316.
15. Nermeen, M.A.E. and Naela, M.R., 2015. Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. Journal of Advanced Research. 6(4): 621-629.
16. Abu Elala, N.M. and Ragaa, N.M., 2015. Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. Journal of Advanced Research. 6(4): 621-629. DOI: 10.1016/j.jare.2014.02.008
17. De Schryver, P., Sinha, A.K. and Kunwar, P.S., 2010. Polyb-hydroxybutyrate increases growth performance and intestinal bacterial range-weighted richness in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Applied Microbiology Biotechnology. 86: 1535-1541.
18. Rodriguez, M.G.M., Pohlenz, C. and Delbert, M.G., 2016. Supplementation of organic acids and algae extracts in the diet of red drum, immunological impacts. Aquaculture Research. 48(4): 1778-1786.
19. Terova, G., Díaz, N., Rimoldi, S., Ceccotti, C., Gliozheni, E. and Piferrer, F., 2016. Effects of sodium butyrate treatment on histone modifications and the expression of genes related to epigenetic regulatory mechanisms and immune response in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed a plant-based diet. PLoS One. 11(7): e0160332.
20. Owen, M.A.G., Waines, P., Bradley, G. and Davies, S., 2006. The effect of dietary supplementation of sodium butyrate on the growth and microflora of *Clarias gariepinus*. In: Proceedings of the XII International Symposium Fish Nutrition and Feeding (Vol. 147).
21. Zhou, Z., Liu, Y., He, S., Shi, P., Gao, X., Yao, B. and Ringo, E., 2009. Effects of dietary potassium diformate (KDF) on growth diformate (KDF) on growth performance, feed conversion and intestinal bacterial community of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). Aquaculture. 291: 89-94.