

ارزیابی عملکرد رشد، برخی از پارامترهای خونی و ایمنی بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با مکمل اسیدی فایر

- صمد اصغرزاده: گروه شیلات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
- رضا طاعتی*: گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۸

چکیده

در این تحقیق، تأثیر مکمل اسیدی فایر بر رشد، شاخص‌های خونی و ایمنی بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مورد مطالعه قرار گرفت. طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در قالب چهار تیمار هر یک در سه تکرار طراحی گردید. مکمل اسیدی فایر در چهار سطح، ۰، ۲، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم به جیره پایه اضافه گردید. تعداد ۸۴ عدد بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی $18/30 \pm 2/08$ گرم با تراکم ۷ عدد در ۱۲ آکواریوم ۴۰ لیتری به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که بیشترین وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه، سرعت رشد ویژه و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۸ گرم در کیلوگرم مکمل اسیدی فایر مشاهده شد ($p < 0/05$). اختلاف معنی داری در میزان ضریب چاقی و نرخ زنده‌مانی ماهیان بین تیمارها ثبت نگردید ($p > 0/05$). تیمار ۸ گرم در کیلوگرم مکمل اسیدی فایر در تعداد گلبول‌های قرمز، مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد نوتروفیل اختلاف معنی دار آماری ($p < 0/05$) با بقیه تیمارها داشت. هم‌چنین همین تیمار بیشترین تعداد گلبول‌های سفید و تعداد منوسیت را به خود اختصاص داد ($p > 0/05$). از طرف دیگر، بالاترین مقادیر ایمنوگلوبولین (IgM) M و لیزوزیم در تیمار ۲ گرم در کیلوگرم مکمل اسیدی فایر مشاهده گردید که اختلاف معنی داری را نشان ندادند ($p > 0/05$). براساس یافته‌های به دست آمده می‌توان اظهار نمود که مکمل اسیدی فایر می‌تواند باعث ارتقای عملکرد رشد و بهبود برخی از پارامترهای خونی و ایمنی ماهی کپور معمولی گردد.

کلمات کلیدی: ماهی کپور معمولی، مکمل اسیدی فایر، رشد، خون، ایمنی



مقدمه

می‌کند. از مزایای اسیدی‌فایرها می‌توان به کاهش pH دستگاه گوارش، افزایش هیدرولیز فسفات، کاهش عوامل بیماری‌زا، کاهش مدت‌زمان تخلیه دستگاه گوارش، افزایش فعالیت آنزیم پپسین، ابقا بیش‌تر نیتروژن، ازدیاد قابلیت هضم غذا و جذب مواد معدنی و انتقال آن‌ها اشاره نمود (Kotzamanis و همکاران، ۲۰۰۷؛ Luckstadt، ۲۰۰۸؛ Da Silva و همکاران، ۲۰۱۳). از نقطه‌نظر دیگر، اسیدهای آلی بانفوذ به دیواره سلولی باکتری‌هایی نظیر اشرشیاکلی، سالمونلا (Zhou و همکاران، ۲۰۰۹) و ویبریو (Da Silva و همکاران، ۲۰۱۳) باعث افزایش ورود پروتون به‌داخل سلول شده و باکتری برای خروج پروتون‌ها با صرف انرژی زیاد جهت حفظ pH سلول خود تلاش می‌کند، به‌طوری‌که به‌دنبال کاهش انرژی سلول، مرگ تدریجی باکتری آغاز می‌شود. در صورتی‌که لاکتوباسیل‌ها تحت تأثیر اسیدها قرار نگرفته و حتی تعدادشان افزایش می‌یابد (Zhou و همکاران، ۲۰۰۹؛ Defoirdt و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات زیادی در خصوص تأثیرات انواع اسیدی‌فایرها و نمک‌های آن‌ها بر عملکرد رشد و پارامترهای خونی در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (سلیمانی‌ایرایی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Pandey and Satoh، ۲۰۰۸؛ Mortezaei Tabrizi، ۲۰۱۲)، کلمه خزری (*Rutilus caspicus*) (مازندرانی و همکاران، ۱۳۹۷)، سیم دریایی قرمز (*Pagrus major*) (Hossain و همکاران، ۲۰۰۷)، هیبرید تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) (Ng و همکاران، ۲۰۰۹)، فیل‌ماهی (*Huso huso*) (Hosseini و Khajepour، ۲۰۱۲)، تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Abu Elala و Ragaa، ۲۰۱۵؛ Reda و همکاران، ۲۰۱۶) انجام‌شده است. بسیاری از مطالعات فوق بر نقش مثبت و سازنده انواع اسیدهای آلی و نمک‌های مشتق شده از آن‌ها برافزایش وزن، بازده پروتئینی، کارایی تغذیه، بهبود فلور روده و شاخص‌های خونی تأکید داشته‌اند. در عوض، گزارش‌هایی مبنی بر عدم تأثیر این ترکیبات بر آبیان نیز وجود دارند. هدف بررسی حاضر، ارزیابی تأثیر مکمل اسیدی‌فایر در جیره غذایی و تأثیر آن بر رشد، شاخص‌های خونی و ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی ماهی کپور معمولی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش: به‌منظور اجرای این پروژه تعداد ۸۴ عدد بچه‌ماهی کپور معمولی پس از زیست‌سنجی و تعیین زی‌توده با میانگین وزنی $2/08 \pm 18/30$ گرم و طول کل $11/03 \pm 0/76$ سانتی‌متر انتخاب و به‌مدت یک هفته برای سازگاری با محیط پرورش به ۱۲ عدد آکواریوم ۴۰ لیتری با تراکم ۷ عدد در هر آکواریوم انتقال داده شدند. کلیه آکواریوم‌ها در یک محیط بسته قرار داده شدند و شرایط

با توجه به افزایش جمعیت جهانی و نیاز مبرم به منابع پروتئینی و هم‌چنین محدودیت‌های صید از منابع آبی، صنعت آبی‌پروری در دهه اخیر رشد فزاینده‌ای پیدا نموده است. از طرف دیگر، این صنعت باید سودآور و دارای حداقل اثرات زیست‌محیطی باشد (Klinger و Naylor، ۲۰۱۲). ماهی کپور معمولی نقش مهمی در افزایش تولیدات آبی‌پروری در جهان ایفا می‌کند. این‌گونه به‌دلیل توانایی تولیدمثل در شرایط اسارت، سرعت رشد مطلوب، هزینه‌های کم تغذیه‌ای، قیمت پایین، ارزش غذایی بالا، بازارپسندی و ارزش اقتصادی غیرقابل‌انکاری دارد (Rahman، ۲۰۱۵). اگرچه انواع بیماری‌ها مشکلات اساسی را در صنعت آبی‌پروری به‌وجود آورده و خسارات زیادی را در پی داشته لیکن استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، آمریکا و کانادا ممنوع شده است (Heuer و همکاران، ۲۰۰۹). از این‌رو، اراده راسخی در خصوص استفاده از انواع محرک‌های رشد، محرک‌های ایمنی، مهارکننده‌های عوامل بیماری‌زا به‌عنوان جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها از قبیل پروبیوتیک‌ها، پریبیوتیک‌ها، عصاره گیاهان و اسیدی‌فایرها وجود دارد (Devasree و همکاران، ۲۰۱۴؛ Selim و همکاران، ۲۰۱۵). اسیدی‌فایرها مخلوطی از اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها بوده که طی فرایند تخمیر میکروبی تولید می‌شوند. انواع اسیدهای آلی شامل فرمیک، پروپیونیک، استیک، بوتریک، ستریک، لاکتیک، مالیک، سوربیک و نمک‌های آن‌ها در بافت‌های گیاهان و جانوران وجود داشته و به‌عنوان اسیدی‌فایر در صنعت تغذیه دام، طیور و اخیراً در آبی‌پروری مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند (Defoirdt و همکاران، ۲۰۰۹). برخی از اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها (نظیر سدیم، پتاسیم و کلسیم) این قابلیت را داشته که رشد را تحریک نموده و سلامتی موجود را ارتقا دهند. هم‌چنین مقاومت به بیماری‌ها را افزایش داده و وقتی که به غذا افزوده شوند کارایی آن را بالا می‌برند. اسیدهای آلی مورد استفاده در تحقیق حاضر عبارتند از: اسید پروپیونیک و اسید فرمیک که جزو اسیدهای آلی با زنجیره کوتاه بوده و نیز نمک‌های آن‌ها شامل آمونیم فرمات و آمونیم پروپیونات می‌باشد. اسید پروپیونیک ترکیب ضدقارچ قوی بوده درحالی‌که اسید فرمیک ترکیب ضد باکتریایی قوی می‌باشد و pH محیط را به‌شدت کاهش می‌دهد (Celik و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر این، اسیدی‌فایرها در مسیرهای سوخت‌وساز بدن شرکت کرده و باعث افزایش تولید انرژی در چرخه اسیدهای کربوکسیلیک شده و قابلیت هضم مواد غذایی را افزایش می‌دهند. آن‌ها از طریق پوشش اپیتلیال روده جذب و انرژی لازم را برای بازسازی این پوشش فراهم کرده و سلامت روده را حفظ می‌کنند (Lall و Vielma، ۱۹۹۷). دستگاه گوارش ماهیان در قیاس با پستانداران میزان اسید کمی ترشح

سنجش پارامترهای خونی و ایمنی: در پایان آزمایش و ۲۴ ساعت پس از قطع غذاهای، از هر تیمار ۳ قطعه ماهی (در مجموع ۱۲ نمونه) به صورت تصادفی برای نمونه برداری از خون انتخاب شدند. خونگیری با استفاده از سرنگ ۲ میلی لیتری از رگ ساقه دمی به عمل آمد. جهت اندازه گیری پارامترهای ایمنی، خون موجود در ویال های فاقد ماده ضد انعقاد هپارین توسط سانتریفوژ با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده، سرم جدا و با سمپلر در ویال های تازه ریخته و در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. مقادیر هماتوکریت به روش میکروهماتوکریت و هموگلوبین به روش سیان مت هموگلوبین اندازه گیری شدند. شمارش گلبول های قرمز و سفید با استفاده از لام نئوبار و شمارش افتراقی گلبول های سفید بر اساس درصد لنفوسیت، ائوزینوفیل، نوتروفیل و مونوسیت صورت گرفت. بر اساس رابطه های ریاضی، مقادیر متوسط حجم گلبول قرمز (MCV)، متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) محاسبه شدند (Klontz, ۱۹۹۴). روش توصیه شده (Ellis, ۱۹۹۰) برای اندازه گیری لیزوزیم و روش پیشنهادی (Yonemasu و Yamamoto, ۱۹۹۹) جهت سنجش میزان ایمنوگلوبولین M (IgM) به کار برده شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: مطالعه حاضر به صورت طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. نرمال بودن داده ها با آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. با توجه به نرمال بودن داده ها، برای مقایسه میانگین بین تیمارهای تغذیه ای از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و برای جداسازی گروه های همگن از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای داده های غیر نرمال از آزمون غیر پارامتریک Kruskal-Wallis و در مقایسه جفتی از آزمون Mann-Whitney در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با کمک نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

نتایج

پارامترهای رشد و بازماندگی: نتایج به دست آمده از آنالیز آماری پارامترهای رشد ماهی کپور معمولی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل اسیدی فایر در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترهای وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و میانگین رشد روزانه در ماهیان تغذیه شده با سطح ۸ گرم در کیلوگرم اسیدی فایر نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی بالاتر بود ($p < 0.05$). پایین ترین میزان ضریب تبدیل غذایی در همین سطح رویت شد که اختلاف معنی داری را نشان داد ($p < 0.05$). در پارامترهای طول کل نهایی، ضریب چاقی و درصد زنده مانده یا بقا اختلاف معنی داری بین گروه های تغذیه ای ثبت نشد ($p > 0.05$).

نوری به صورت ۱۰ ساعت تاریکی و ۱۴ ساعت روشنایی تنظیم گردید. میانگین دما، اکسیژن محلول و pH طی دوره پرورش به ترتیب 27.31 ± 1.67 درجه سانتی گراد، 7.50 ± 0.19 میلی گرم در لیتر و 7.2 ± 0.43 بود.

مکمل اسیدی فایر و تهیه جیره های آزمایشی: غذای تجاری پایه از نوع اکستروود مخصوص ماهی کپور معمولی (FFC1) ساخت شرکت فرادانه- ایران بوده و ترکیبات آن شامل پروتئین خام ۳۶٪، چربی خام ۹٪، عصاره عاری از ازت ۲۸/۹٪، فیبر خام ۵٪، رطوبت ۱۰٪، خاکستر ۱۰٪، فسفر ۱/۱٪ با میزان انرژی خام ۱۷/۰۱ کیلوژول در گرم بود. در این تحقیق با توجه به اهداف آزمایش ۴ تیمار انتخاب و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. تیمارهای غذایی حاوی سطوح ۰، ۲، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم مکمل اسیدی فایر Biotronic (شرکت Biomin® - اتریش) شامل اسیدفرمیک، اسید پروپیونیک و نمک های آمونیوم فرمات و آمونیوم پروپیونات در جیره در نظر گرفته شدند (Su و همکاران، ۲۰۱۴). ابتدا جیره پایه با همزن به شکل پودر در آورده شد. سپس پودر اسیدی فایر در مقادیر مذکور به جیره اضافه و به مدت ۲۰ دقیقه با همزن برقی به طور کامل مخلوط گردید تا همگن شود. پس از افزودن مقداری آب به ترکیب و تشکیل خمیر، مخلوط از چرخ گوشت عبور داده شد تا غذا به پلت های استوانه ای تبدیل گردد. قطر پلت های مورد استفاده ۲/۵ میلی متر بود. پلت ها در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. سپس پلت ها بسته بندی و در دمای ۱۴- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. غذاهای در ۴ نوبت (۸ صبح، ۱۲ ظهر، ۱۶ عصر و ۲۰ شب) بر اساس میزان اشتها و در حد سیری (حداکثر ۵ درصد) به مدت ۶۰ روز انجام گرفت (فلاح تکار و همکاران، ۱۳۹۱).

سنجش پارامترهای رشد و تغذیه: در پایان دوره تغذیه، وزن همه جمعیت ماهیان توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل به وسیله تخته زیست سنجی اندازه گیری شدند. پارامترهای رشد بر اساس فرمول های ذیل (Luo و همکاران، ۲۰۱۰) محاسبه شدند:

= افزایش وزن بدن (درصد)

$$\text{میانگین وزن اولیه (گرم)} / (\text{میانگین وزن اولیه (گرم)} - \text{میانگین وزن نهایی (گرم)}) \times 100$$

= نرخ رشد ویژه (درصد در روز)

$$\text{دوره پرورش (روز)} / (\text{میانگین وزن اولیه (گرم)} - \text{Ln میانگین وزن نهایی (گرم)}) \times \text{Ln} 100$$

میزان افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی

= میانگین رشد روزانه

$$\text{دوره پرورش (روز)} \times \text{میانگین وزن اولیه (گرم)} / (\text{میانگین وزن اولیه (گرم)} - \text{میانگین وزن نهایی (گرم)}) \times 100$$

^۳ طول (سانتی متر) / $100 \times$ وزن (گرم) = ضریب چاقی (درصد)

تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در پایان دوره $\times 100$ = میزان زنده مانده (درصد)



جدول ۱: اثرات سطوح مکمل اسیدی فایر بر عملکرد رشد ماهی کپور معمولی پس از ۸ هفته تغذیه

پارامترهای رشد	سطح اسیدی فایر (گرم در کیلوگرم)			
	۸	۴	۲	۰
وزن اولیه (گرم)	۱۹/۰۹±۲/۸۲ ^a	۱۷/۷۹±۲/۱۹ ^a	۱۸/۷۳±۲/۲۰ ^a	۱۷/۶۰±۱/۱۳ ^a
وزن نهایی (گرم)	۴۳/۳۳±۶/۰۲ ^b	۳۴/۶۳±۳/۲۴ ^a	۳۳/۷۹±۴/۵۶ ^a	۳۲/۶۱±۵/۵۰ ^a
طول کل نهایی (سانتی‌متر)	۱۳/۹۳±۰/۹۷ ^a	۱۳/۵۷±۰/۸۴ ^a	۱۳/۲۹±۰/۷۸ ^a	۱۳/۴۱±۰/۶۰ ^a
درصد افزایش وزن بدن	۱۲۶/۶۶±۲۰/۰۹ ^b	۹۵/۲۴±۱۲/۱۴ ^{ab}	۷۷/۵±۱۳/۱۵ ^a	۸۶/۶۱±۱۹/۳۷ ^a
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۳۶±۰/۱۵ ^b	۱/۱۱±۰/۱۰ ^{ab}	۰/۹۶±۰/۰۲ ^a	۱/۰۴±۰/۱۷ ^a
ضریب تبدیل غذایی	۲/۲۳±۰/۲۸ ^a	۳/۱۵±۰/۴۴ ^{ab}	۳/۵۷±۰/۱۰ ^b	۳/۱۹±۰/۷۲ ^{ab}
میانگین رشد روزانه	۲/۱۱±۰/۳۳ ^b	۱/۵۹±۰/۲۰ ^{ab}	۱/۲۹±۰/۰۴ ^a	۱/۴۴±۰/۳۲ ^a
ضریب چاقی (/)	۱/۶۰±۰/۰۵ ^a	۱/۳۸±۰/۰۵ ^a	۱/۴۴±۰/۱۵ ^a	۱/۳۶±۰/۱۸ ^a
درصد زنده‌مانی	۱۰۰ ^a	۹۰/۴۸±۱۶/۴۹ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a

وجود حروف غیر همسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p < 0.05$).

شاخص‌های MCV و MCH افزایشی ($p > 0.05$) را نسبت به شاهد نشان دادند. تعداد لنفوسیت در ماهیان تغذیه‌شده با سطح ۲ گرم اسیدی فایر نسبت به بقیه تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود ($p < 0.05$). در پارامترهای تعداد مونوسیت، ائوزینوفیل و میزان MCHC اختلاف معنی‌داری بین تیمارها رؤیت نگردید ($p > 0.05$) (جدول ۲).

پارامترهای خونی: مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز و نوتروفیل در ماهیان تغذیه‌شده با سطح ۸ گرم اسیدی فایر بیش‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی بود ($p < 0.05$). تعداد گلبول‌های سفید اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد ($p > 0.05$) لیکن تیمار ۸ گرم اسیدی فایر واجد بیش‌ترین تعداد گلبول‌های سفید بود. ماهیان تغذیه کرده از افزودنی اسیدی فایر در

جدول ۲: اثرات سطوح مکمل اسیدی فایر بر پارامترهای خونی ماهی کپور معمولی پس از ۸ هفته تغذیه

پارامترهای خونی	سطح اسیدی فایر (گرم در کیلوگرم)			
	۸	۴	۲	۰
هماتوکریت (/)	۳۳/۶۷±۱/۵۳ ^b	۲۸/۶۷±۰/۵۸ ^a	۲۸/۳۳±۲/۵۲ ^a	۳۱±۲/۶۵ ^{ab}
هموگلوبین (گرم در دسی‌لیتر)	۸/۵۳±۰/۳۱ ^b	۷/۴۷±۰/۱۵ ^a	۷/۴۰±۰/۵۶ ^a	۸/۰۷±۰/۵۷ ^{ab}
گلبول قرمز (تعداد × ۱۰ ^۶)	۱/۵۹±۰/۰۳ ^b	۱/۳۴±۰/۰۱ ^a	۱/۳۶±۰/۱۶ ^a	۱/۴۹±۰/۰۹ ^{ab}
گلبول سفید (تعداد × ۱۰ ^۳)	۴/۵۳±۱/۶۱ ^a	۴/۰۰±۹/۱۵ ^a	۴/۱۶±۱/۴۳ ^a	۳/۴۶±۴/۰۴ ^a
MCV (فمتولیترا)	۲۱۱/۳±۵/۶۹ ^a	۲۱۳±۳ ^a	۲۰۸/۳±۷/۶۴ ^a	۲۰۷±۴/۳۶ ^a
MCH (پیکوگرم)	۵۳/۶۷±۰/۵۸ ^a	۵۵/۶۷±۰/۵۸ ^a	۵۴/۶۷±۲/۳۱ ^a	۵۳/۶۷±۰/۵۸ ^a
MCHC (/)	۲۵/۳۳±۰/۵۸ ^a	۲۶±۰ ^a	۲۶±۰ ^a	۲۶±۰ ^a
لنفوسیت (/)	۶۶/۶۷±۱/۵۳ ^a	۶۹/۳۳±۰/۵۸ ^a	۷۵±۱ ^b	۶۸/۳۳±۳/۷۹ ^a
مونوسیت (/)	۴±۱ ^a	۳/۳۳±۰/۵۸ ^a	۲/۳۳±۰/۵۸ ^a	۳±۱ ^a
نوتروفیل (/)	۲۹±۱ ^b	۲۷±۱ ^b	۲۳/۳۳±۱/۵۳ ^a	۲۸±۲/۶۵ ^b
ائوزینوفیل (/)	۰/۳۳±۰/۵۸ ^a	۰/۳۳±۰/۵۸ ^a	۰/۳۳±۰/۵۸ ^a	۰/۶۷±۰/۵۸ ^a

وجود حروف غیر همسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p < 0.05$).

با سطح ۲ گرم اسیدی فایر نسبت به بقیه تیمارهای آزمایشی مشاهده گردید که معنی‌دار نبود ($p > 0.05$).

پارامترهای ایمنی: جدول ۳ نتایج به‌دست‌آمده از پارامترهای ایمنی ماهی کپور معمولی تغذیه‌شده با سطوح مختلف اسیدی فایر را نشان می‌دهد. افزایشی در مقادیر IgM و لیزوزیم در ماهیان تغذیه شده



جدول ۳: اثرات سطوح مکمل اسیدی فایر بر پارامترهای ایمنی ماهی کپور معمولی پس از ۸ هفته تغذیه

پارامترهای ایمنی	سطح اسیدی فایر (گرم در کیلوگرم)			
	۸	۴	۲	۰
IgM (میلی گرم در دسی لیتر)	۱۸/۳۳±۴/۰۴ ^a	۱۶/۳۳±۲/۳۱ ^a	۲۳±۸/۷۲ ^a	۱۹/۶۷±۱/۵۳ ^a
لیزوزیم (میکروگرم در میلی لیتر)	۲۹±۱۱/۷۹ ^a	۲۵/۳۳±۶/۸۱ ^a	۳۷±۲۷/۸۸ ^a	۲۷/۳۳±۹/۰۷ ^a

وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p < 0.05$).

بحث

نرخ رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین و قابلیت هضم پروتئین در سطوح ۰/۲ و ۰/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد نشان داد (Naela و Nermeen، ۲۰۱۴). هم سو با پژوهش فعلی، کاربرد اسیدبوتریک در سطوح ۲ و ۱/۵ گرم به ترتیب باعث افزایش عملکرد رشد و کارایی تغذیه در گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) و تیلایپای نیل شده است (Omosowone و همکاران، ۲۰۱۸). اسیدهای آلی از یک سو سبب کاهش pH معده و روده شده در نتیجه گروه های معدنی شکل یافته و به راحتی می توانند جذب شوند (Sato و Pandey، ۲۰۰۸) و از سوی دیگر رشد باکتری های بیماری زا را از طریق تجزیه اسیدها در سلول باکتری محدود می کنند (Luckstadt، ۲۰۰۸). به نظر می رسد اسیدی فایرها با تحریک ترشح آنزیم پپسین، قابلیت هضم و جذب مواد غذایی به ویژه پروتئین ها را ارتقا داده و سبب افزایش وزن و کاهش ضریب تبدیل غذایی شده که در نهایت موجب عرضه سریع تر آبزیان پرورشی به بازار مصرف می شوند (Reda و همکاران، ۲۰۱۶). برخلاف یافته های مطالعه حاضر، در آبزیانی نظیر قزل آلا (Pandey و Sato، ۲۰۰۸)، میگو سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) (Anuta و همکاران، ۲۰۱۱)، گربه ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Zhu و همکاران، ۲۰۱۴) و کلمه خزری (*Rutilus caspicus*) (مازندرانی و همکاران، ۱۳۹۷) هیچ اثر معنی داری بر شاخص های رشد و فلور روده در اثر افزودن اسیدی فایرها به جیره غذایی گزارش نشد. مناسب نبودن سطوح و ترکیب اسیدهای آلی به کار رفته در جیره، عملکرد دستگاه گوارش و خصوصیات فردی گونه های آبزیان به عنوان مهم ترین عوامل عدم کارایی اسیدی فایرها و ترکیبات مشتق شده از آن ها بر آبزیان بیان شده است.

مطالعه فاکتورهای خونی یکی از عوامل مهم در ارزیابی سلامت ماهیان و کیفیت جیره غذایی مصرف شده می باشد (Schutt و همکاران، ۱۹۹۷). اطلاعات کمی در مورد تأثیر اسیدهای آلی بر پارامترهای خونی و ایمنی ماهیان در اختیار می باشد. در مطالعه حاضر، افزایش معنی داری در مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول های قرمز در ماهیان تغذیه شده با اسیدی فایر در سطح ۸ گرم نسبت به بقیه تیمارها مشاهده گردید. اسیدهای آلی و نمک های آن ها اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه بوده و ورود این اسیدهای چرب به روده سبب

در مطالعه حاضر، مخلوط اسیدفرمیک، اسید پروپیونیک و نمک های آن ها شامل آمونیوم فرمات و آمونیوم پروپیونات باعث بهبود پارامترهای رشد نظیر وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میانگین رشد روزانه در ماهیان تغذیه شده با سطح ۸ گرم گردید. اسیدهای آلی به دلیل ساختمان ساده و اندازه کوچک می توانند به راحتی به داخل سلول نفوذ کنند (Siebert و Nakai، ۲۰۰۳). اسیدی فایرها نقش مثبتی در آبی پروری ایفا نموده و کارایی تغذیه، عملکرد رشد و مقاومت در برابر انواع بیماری ها را بهبود می بخشد (Reda و همکاران، ۲۰۱۶). در همین راستا، نتایج مشابهی در گونه های مختلف آبزیان توسط محققین گزارش شده است. Baruah و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که اضافه کردن ۳ درصد اسیدسیتریک و آنزیم فیتاز باعث افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه ماهی کپور هندی رو هو (*Labeo rohita*) شده است. بر طبق نتایج بررسی Sudagar و همکاران (۲۰۱۰)، افزودن اسیدسیتریک به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم در جیره غذایی فیل ماهی (*Huso huso*) باعث افزایش معنی دار وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت، نرخ رشد روزانه و کاهش ضریب تبدیل غذایی گردیده است. هم چنین نتایج یافته های Hosseini و Khajepour (۲۰۱۲) ثابت نمودند که جایگزینی کنجاله سویا غنی شده با سطح ۳۰ گرم در کیلوگرم اسیدسیتریک با بودر ماهی در جیره غذایی فیل ماهی سبب بروز اختلافات معنی داری در ضریب کارایی پروتئین، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه نسبت به تیمار شاهد شده است. در تحقیقی دیگر، تأثیر رژیم های غذایی با سطوح ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ گرم بر کیلوگرم مخلوط اسیدفرمیک، اسیدفسفریک، اسید سیتریک، اسیداستیک و کوپرسولفات در ماهی تیلایپای نیل (*Oreochromis niloticus*) نشان داد که کلیه تیمارها نسبت به شاهد اختلاف معنی دار داشته و سطوح ۴ و ۳ گرم بر کیلوگرم به ترتیب بهترین کارایی تغذیه و رشد را داشته اند (Sherif و Gad، ۲۰۱۳). در همین راستا، کاربرد سطوح ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد دی فرمات پتاسیم در ماهی تیلایپای نیل بهبود قابل توجهی را در میزان مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، کاهش ضریب تبدیل غذایی،



کمان تغذیه کرده از ۶ نوع اسید آلی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (سلیمانی‌ایرایی و همکاران، ۱۳۹۱). نتیجه‌مشابهی هم‌در تغذیه ماهیان کپور با نمک پروپیونات سدیم در تعداد گلبول‌های سفید توسط صفری و همکاران (۱۳۹۶) گزارش گردید.

در پژوهش حاضر، علی‌رغم عدم وجود تفاوت معنی‌دار، ماهیان تغذیه شده با سطح ۲ گرم اسیدی‌فایر در مقادیر لیزوزیم و IgM افزایشی را نسبت به شاهد نشان دادند. در مطابقت کامل با یافته‌های فعلی، حدیدی و طاعتی (۱۳۹۵) نیز افزایشی را در مقادیر لیزوزیم و IgM در ماهی زینتی اسکار تغذیه‌شده با اسیدفرمیک، اسیدپروپیونیک و نمک‌های آن‌ها گزارش نمودند. Reda و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کردند که میزان لیزوزیم در تیلاپییای نیل تغذیه شده با اسیدی‌فایر در مدت زمان ۱۵ روز افزایش یافت ولی پس از یک ماه میزان آن سیر نزولی اندکی داشت. با توجه به این‌که طول مدت آزمایش می‌تواند بر فاکتورهای خونی و واکنش‌های ایمنی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای داشته باشد با افزایش مدت زمان پرورش داده‌های خونی و ایمنی می‌تواند احتمالاً معنی‌دار شوند. اگرچه در برخی پارامترهای خونی و ایمنی اختلاف معنی‌داری ثبت نگردید لیکن بهبود و پیشرفتی در مقادیر آن‌ها در ماهیان تغذیه‌شده با اسیدی‌فایر در قیاس با جمعیت شاهد به‌دست آمد. با عنایت به یافته‌های این تحقیق، افزودن مکمل اسیدهای آلی به جیره غذایی ماهی پرورشی و اقتصادی کپور پیشنهاد می‌گردد چون باعث ارتقاء عملکرد رشد و بهبود بسیاری از پارامترهای خونی و ایمنی شده است. اختلافات در نتایج سایر مطالعات می‌تواند به‌دلیل گونه‌آبی، طول دوره و شرایط پرورش، کمیت و کیفیت مواد اولیه جیره غذایی، ترکیب اسیدهای آلی و میزان سطح به‌کار رفته باشد. با توجه به کمبود اطلاعات در زمینه تأثیرات اسیدهای آلی بر پارامترهای خون و به‌خصوص سیستم ایمنی نیاز به تحقیقات بیشتر در آینده اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

تقدیر و تشکر

از آقایان دکتر عباسعلی زمینی، مهندس حسین ثابت‌مند و مهدی ملکی به‌دلیل همکاری‌های ارزشمندشان در این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- حدیدی، س. و طاعتی، ر.، ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف مکمل اسیدی‌فایر بایوترونیک بر کارایی تغذیه و برخی از پارامترهای خونی و ایمنی ماهی اسکار تایگر (*Astronotus ocellatus*). مجله دامپزشکی ایران. دوره ۱۲، شماره ۳. صفحات ۳۲ تا ۴۱.

افزایش جریان خون می‌شود (Cherbut و همکاران، ۱۹۹۷). عواملی نظیر گونه‌آبی، فصل، نوسانات دمایی و میزان اکسیژن محلول بر تعداد گلبول‌های قرمز و غلظت هموگلوبین اثرگذارند. گلبول‌های قرمز در انتقال اکسیژن در بدن نقش مهمی ایفا کرده و تغییرات منفی در تعداد و عملکرد آن‌ها بر سوخت‌وساز بدن تأثیر می‌گذارد (Klontz، ۱۹۹۴). هم‌سو با نتایج فعلی، سطوح ۱ و ۲ گرم در کیلوگرم ترکیب اسید فرمیک، اسیدپروپیونیک و نمک پروپیونات کلسیم سبب افزایش معنی‌دار تعداد گلبول‌های قرمز و میزان هموگلوبین در تیلاپییای نیل گردید (Reda و همکاران، ۲۰۱۶). در همین راستا، بهبود معنی‌داری در میزان هماتوکریت و هموگلوبین کپور هندی روهو (*Labeo rohita*) تغذیه شده با سطح ۳٪ اسیدسیتریک به‌دست آمد (Baruah و همکاران، ۲۰۰۷). در تضاد با بررسی حاضر، سلیمانی‌ایرایی و همکاران (۱۳۹۱) پی بردند که سطح ۰/۱ درصد مکمل اسید فرمیک، اسیدسیتریک، اسیددیمالیک، اسیدارتوفسفریک، اسیدلاکتیک و اسیدتارتاریک تأثیری در تعداد گلبول‌های قرمز، مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت نداشته است اگرچه روند افزایشی در ماهیان تغذیه شده با مکمل اسیدی رؤیت شد. نتایج یکسان دیگری در ماهیان زینتی اسکار تایگر (*Astronotus ocellatus*) تغذیه شده با ترکیب اسیدهای آلی بایوترونیک (حدیدی و طاعتی، ۱۳۹۵)، ماهیان کپور تغذیه کرده از نمک پروپیونات سدیم (صفری و همکاران، ۱۳۹۶) و تیلاپییای نیل تغذیه شده با دی‌فرمات پتاسیم (Lim و همکاران، ۲۰۱۰) در خصوص شاخص‌های مذکور به‌دست آمد. علت اختلاف در مطالعات فوق، متفاوت بودن واکنش‌های خونی به سطوح متفاوت ترکیب اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها به‌خاطر ویژگی‌های فیزیولوژیک خاص هرگونه و هم‌چنین طول مدت زمان آزمایش جهت بروز تفاوت‌های خونی می‌تواند باشد.

گلبول‌های سفید جزء کلیدی بسیار مهم در واکنش‌های ایمنی غیراختصاصی بوده و می‌توانند عملکرد ایمنی و مقاومت در برابر انواع بیماری‌ها را تنظیم نمایند. هم‌بستگی مستقیمی بین تعداد گلبول‌های سفید و شدت عفونت در جانوران وجود دارد (Ballarin و همکاران، ۲۰۰۴). کپور ماهیان تغذیه شده با هر سه سطح اسیدی‌فایر در تحقیق حاضر، واجد بیش‌ترین تعداد گلبول‌های سفید بودند که البته اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. هم‌چنین تعداد لنفوسیت در ماهیان تغذیه شده با سطح ۲ گرم مکمل اسیدی‌فایر نسبت به بقیه گروه‌ها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. افزایش تعداد لنفوسیت می‌تواند بسیار خوب باشد زیرا این دسته از سلول‌ها آنتی‌بادی تولید کرده و سیستم دفاعی بدن ماهی را در برابر انواع عفونت‌ها تقویت می‌نمایند (Jalali و همکاران، ۲۰۰۹). در موافقت با پژوهش حاضر، طبق اظهار نظر Reda و همکاران (۲۰۱۶) افزایش معنی‌داری در تعداد لنفوسیت‌های تیلاپییای نیل به‌دست آمد. در عوض، تعداد گلبول‌های سفید ماهی قزل‌آلای رنگین



- Oreochromis mossambicus* (Peters). Aquaculture Research. Vol. 45, pp: 1581-1590.
۱۴. Ellis, A.E., 1990. Lysozyme assays. In: Techniques in Fish Immunology. Edited by JS Stolen; DP Fletcher; BS Anderson and WB Van Muiswinkel. SOS Publication. USA. pp: 101-103.
 ۱۵. Heuer, O.E.; Kruse, H.; Grave, K.; Collignon, P.; Karunasagar, I. and Angulo, F.J., 2009. Human health consequences of use of antimicrobial agents in aquaculture. Clinical Infectious Diseases. Vol. 49, pp: 1248-1253.
 ۱۶. Hossain, M.R.; Pandey, A. and Satoh, S., 2007. Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in red sea bream *Pagrus major*. Fisheries Science. Vol. 73, pp: 1309-1317.
 ۱۷. Jalali, M.A.; Ahmadifar, E.; Sudagar, M. and Takami, G.A., 2009. Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. Aquaculture Research. Vol. 40, pp: 804-809.
 ۱۸. Khajepour, F. and Hosseini, S., 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. Vol. 171, pp: 68-73.
 ۱۹. Klinger, D. and Naylor, R., 2012. Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course. Annual Review of Environment and Resources. Vol. 37, pp: 247-276.
 ۲۰. Klontz, G.W., 1994. Fish hematology. In: Techniques in fish immunology. Edited by JS Stolen; TC Fletcher; AF Rowley; TC Kelikoff; SL Kaatari and SA Smith. SOS Publications. Fair Haven, New Jersey, USA. Vol. 3, pp:121-132.
 ۲۱. Kotzamanis, Y.P.; Gisbert, E.; Gatesoupe, F.J.; Zambonino Infante, J. and Cahu, C., 2007. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology. Vol. 147, pp: 205-214.
 ۲۲. Lim, C.; Klesius, P.H. and Luckstadt, C., 2010. Effects of dietary levels of potassium diformate on growth, feed utilization and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. In: Abstract in Proceedings of the 14th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Qingdao, China. 170 p.
 ۲۳. Luckstadt, C., 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. Vol. 3, No. 44, pp: 1-8.
 ۲۴. Luo, G.; Xu, J.; Teng, Y.; Ding, C. and Yan, B., 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) reared in freshwater. Aquaculture Research. Vol. 41, pp: 210-219.
 ۲۵. Mortazavi Tabrizi, J.; Barzeghar, A.; Farzampour, S.; Mirzaii, H. and Safarmashaei, S., 2012. Study of the effect of prebiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) and acidifier on growth parameters in grower's rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Annals of Biological Research. Vol. 3, No. 5, pp: 2053-2057.
 ۲۶. Nakai, S.A. and Siebert, K.J., 2003. Validation of bacterial growth inhibition models based on molecular properties of organic acid. International Journal of Food Microbiology. Vol. 86, pp: 249-255.
 ۲۷. Nermeen, M. and Naela, M., 2014. Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of صفری، ر.؛ نژادمقدم، ش.؛ حسینی فر، س.ح. و جعفرنوده، ع.، ۱۳۹۶. بررسی تأثیر سطوح مختلف نمک پروپیونات سدیم جیره غذایی بر برخی شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۳. صفحات ۲۰۳ تا ۲۱۰.
 ۳. فلاحتکار، ب.؛ عبدی، ح. و محمودی، ن.، ۱۳۹۱. نقش تغذیه‌ای نوکلئوتید بر منابع انرژی بدن و عملکرد رشد ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۱، شماره ۱. صفحات ۱۳۳ تا ۱۴۶.
 ۴. مازندرانی، م.؛ سوداگر، م.؛ جعفری، و.ا.؛ جعفرنوده، ع.؛ بشی، ف. و سرپناه، ع.ن.، ۱۳۹۷. اثرات اسید پروپیونیک خوراکی بر شاخص‌های رشد و مقاومت در برابر استرس شوری در کلمه خزری (*Rutilus caspicus*). مجله آبزیان زینتی. سال ۵، شماره ۱، صفحات ۸ تا ۱.
 ۵. 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. Vol. 6, pp: 621-629.
 ۶. Anuta, J.D.; Buentello, A.; Patnaik, S.; Lawrence, A.L.; Mustafa, A.; Hume, M.E.; Gatlin, D.M. and Kemp, M.C., 2011. Effect of dietary supplementation of acidic calcium sulfate (Vitoxal) on growth, survival, immune response and gut microbiota of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 42, pp: 834-844.
 ۷. Ballarin, L.; Dall'Oro, M.; Bertotto, D.; Libertini, A.; Francescon, A. and Barbaro, A., 2004. Haematological parameters in *Umbrina cirrosa* (Teleostei, Sciaenidae): a comparison between diploid and triploid specimens. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular and Integrative Physiology. Vol. 138, pp: 45-51.
 ۸. Baruah, K.; Sahu, N.P.; Pal, A.K.; Jain, K.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. Vol. 38, pp: 109-120.
 ۹. Celik, K.; Ersoy, I.E.; Uzatici, A. and Erturk, M., 2003. The using of organic acids in California turkey chicks and its effects on performance before pasturing. International Journal of Poultry Science. Vol. 2, No. 6 pp: 446 - 448.
 ۱۰. Cherbut, C.; Aube, A.; Blottiere, H. and Galmiche, J., 1997. Effects of short-chain fatty acids on gastrointestinal motility. Scandinavian Journal of Gastroenterology Supplement. Vol. 222, pp: 58-61.
 ۱۱. Da Silva, B.C.; Vieira, F.D.N.; Mourino, J.L.P.; Ferreira, G.S. and Seiffert, W.Q., 2013. Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. Aquaculture. Vol. 384-387, pp: 104-110.
 ۱۲. Defoirdt, T.; Boon, N.; Sorgeloos, P.; Verstraete, W. and Bossier, P., 2009. Short-chain fatty acids and poly-b hydroxyalkanoates: (New) Biocontrol agents for a sustainable animal production. Biotechnology Advances. Vol. 27, pp: 680-685.
 ۱۳. Devasree, L.D.; Binuramesh, C. and Michael, R.D., 2014. Immunostimulatory effect of water soluble fraction of *Nyctanthes arbortristis* leaves on the immune response in



- cultured *Oreochromis niloticus*. Journal of Advanced Research. Vol. 6, No. 4, pp: 621-629.
۲۸. **Ng, W.K.; Koh, C.B.; Sudesh, K. and 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. Vol. 40, pp: 1490-1500.
۲۹. **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. Vol. 17, No. 2, pp: 403-412.
۳۰. **Pandey, A. and Satoh, S., 2008.** Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fisheries science. Vol. 74, pp: 867-874.
۳۱. **Reda, R.M.; Mahmoud, R.; Khaled M.; 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 and Shellfish Immunology. Vol. 50, pp: 255-262.
۳۲. **Schütt, D.A.; Lehmann, J.; Goerlich, R. and Hamers, R., 1997.** Haematology of swordtail, *Xiphophorus helleri*. I: Blood parameters and light microscopy of blood cells. Journal of Applied Ichthyology. Vol. 13, pp: 83-89.
۳۳. **Selim, K.M. and Reda, R.M., 2015.** Beta-glucans and mannan oligosaccharides enhance growth and immunity in Nile tilapia. North American Journal of Aquaculture. Vol. 77, pp: 22-30.
۳۴. **Sherif, A.H. and Gad, M.D., 2013.** Studies on the effect of acidifier on cultured *Oreochromis niloticus* fish. Journal of the Arabian Aquaculture Society. Vol. 8, No. 1, pp: 229-236.
۳۵. **Su, X.; Li, X.; Leng, X.; Tan, C.; Liu, B.; Chai, X. and Guo, T., 2014.** The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid. Aquaculture International. Vol. 22, pp: 1823-1835.
۳۶. **Sudagar, M.; Hosseinpoor, Z. 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 and Legislation International Journal of the Bioflux Society. Vol. 3, pp: 311-316.
۳۷. **Vielma, J. and Lall, S., 1997.** Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Nutrition. Vol. 3, pp: 265-268.
۳۸. **Yamamoto, T. and Yonemasu, K., 1999.** Multiple molecular forms of serum immunoglobulin M in a patient with Waldenstrom's macroglobulinemia. Clinica Chimica Acta. Vol. 289, pp: 173-176.
۳۹. **Zhou, Z.; Liu, Y.; He, S.; Shi, P.; Gao, X.; Yao, B. and Ringø, E., 2009.** Effects of dietary potassium diformate (KDF) on growth performance, feed conversion and intestinal bacterial community of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Aquaculture. Vol. 291, pp: 89-94.
۴۰. **Zhu, Y.; Qiu, X.; Ding, Q.; Duan, M. and Wang, C., 2014.** Combined effects of dietary phytase and organic acid on growth and phosphorus utilization of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture. Vol. 430, pp: 1-8.

