

اثرات فیزیولوژیک مکمل‌های غذایی کاربردی در آبرزی پروری

امیر محمد خواجوی^{۱*} و فاطمه واحدی امیری^۲

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*ایمیل نویسنده مسئول: amir.m.khajavii@gmail.com

چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت، تقاضا برای منابع غذایی دریایی با ارزش نیز رو به افزایش است. لذا برای پاسخ‌گویی به این تقاضا پرورش‌دهنده‌ها تلاش می‌کنند در حجم کم، تراکم را افزایش داده و تعداد ماهی بیشتری را پرورش دهند. این افزایش تراکم، مشکلاتی نظیر تغییر کیفیت آب، افزایش استرس، مشکلات تغذیه‌ای، بروز بیماری‌ها را به همراه خواهد داشت. امروزه با توجه به رشد سریع صنعت آبرزی پروری، استفاده از مکمل‌های غذایی جهت بالا بردن توان مقاومت آبزیان در برابر عوامل بیماری‌زا، افزایش بازمانی، کاهش تلفات و در نهایت افزایش رشد آنها امری ضروری و لازم به نظر می‌رسد. این مطالعه با هدف بررسی اثر برخی از مکمل‌های غذایی کاربردی بر فیزیولوژی آبزیان (رشد و ایمنی) و مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مکمل‌های غذایی، آبرزی پروری، ایمنی، رشد؛ ماهی.

۱- مقدمه

امروزه در آبرزی پروری با افزودن مکمل‌ها به جیره‌ی غذایی ماهیان می‌توان میزان رشد را افزایش داد و در مدت‌زمان کوتاه‌تری به محصول نهایی با کیفیت مناسب دست یافت. بیش‌ترین تلاش‌ها جهت آبرزی پروری پایدار، در ارتباط با استراتژی‌های تغذیه‌ای و بهینه‌سازی ترکیبات غذایی برای گونه‌های مهم ماهیان تجاری قابل پرورش می‌باشد. مطالعاتی در جهت افزایش کارایی مکمل‌های غذایی و ترکیبات مغذی مانند پروتئین، چربی و افزایش قابلیت هضم آن‌ها انجام شده است [۱]. با استفاده از این مواد می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای توانایی مقابله آبزیان در برابر تنش‌های مختلف محیطی را بالا برد. در دهه‌های گذشته جهت دستیابی به این هدف، از انواع آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر داروهای شیمیایی به‌عنوان عامل پیشگیری یا درمان بیماری و گاهی به‌عنوان محرک رشد استفاده می‌شد. استفاده از این داروها مشکلات عمده‌ای هم‌چون خطر مقاومت نسبت به داروها، تجمع و باقی ماندن مواد آنتی‌بیوتیکی در بدن ماهیان پرورشی، عدم تأثیر آنتی‌بیوتیک‌ها در درمان بیماری‌های ویروسی و ایجاد آلودگی‌های محیطی را به همراه دارد. استفاده از افزودنی‌های خوراکی عملکردی می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه در مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها شود که با روش‌های پایدار در آبرزی پروری هم‌راستا است [۲]. از سوی دیگر شواهدی مبنی بر اثرات منفی آنتی‌بیوتیک‌ها در مهار و یا از بین بردن باکتری‌های مفید دستگاه گوارش نیز وجود دارد، که باید در استفاده از این مواد شیمیایی دقت بیشتری شود [۳]. بدین دلیل استفاده از برخی آنتی‌بیوتیک‌ها و پیشگیری‌کننده‌های شیمیایی در بسیاری از کشورها منع شده است [۴]. این امر موجب پیدایش گام‌های جدید برای توسعه کاربرد مکمل‌های غذایی نظیر پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، اسیدهای آلی و برخی گیاهان دارویی به‌عنوان یک راه‌کار جایگزین در جهت تحریک ایمنی و کاهش ریسک بروز بیماری و در نهایت افزایش رشد شده است. در این راستا برای افزایش رشد و پیشگیری از بیماری



به جای درمان آنتی‌بیوتیکی از مکمل‌های افزودنی از جمله پروبیوتیک‌ها، اسیدهای آلی و معدنی و عصاره‌های گیاهی و جانوری در جیره آبزیان استفاده شود [۵].

استفاده از محرک‌ها موجب افزایش فعالیت‌های مکانیسم دفاعی غیراختصاصی می‌شود. بهبود کارایی مکانیسم‌های دفاعی و ایمنی ذاتی (هومورال و سلولی) موجب افزایش مقاومت به بیماری عفونی و به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش رشد آبزیان می‌شود [۶]. هدف از این مطالعه، بررسی پتانسیل محرک‌ها (رشد و ایمنی) کاربردی بر فیزیولوژی آبزیان به‌عنوان یک جایگزین مؤثر جهت افزایش عملکرد رشد و ایمنی در آبرزی پروری می‌باشد.

۲- اثر محرک‌ها بر عملکرد فیزیولوژی آبزیان (رشد و ایمنی)

۲-۱- گیاهان دارویی

به‌طور کلی گیاهانی به‌عنوان گیاه دارویی شناخته می‌شوند که در اندام آن‌ها مواد ویژه‌ای ساخته و ذخیره می‌شود که این مواد دارای خواص متعددی هستند. ماده مؤثره مورد نظر ممکن است در اندام‌های مختلفی از گیاه مانند ریشه، ساقه، برگ و میوه ذخیره گردد [۷]. گیاهان به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی (متابولیت‌های ثانویه) از جمله: گلیکوزیدها، تریپنئوئیدها، آلکالوئیدها، تریپن‌ها، فلاونوئیدها و کیتون‌ها دارای فعالیت‌های مختلفی مانند ضدباکتریایی، ضدویروس، ضدقارچ، ضدانگل و همچنین به‌عنوان محرک رشد می‌باشند [۸و۹]. در ماهیان و سخت‌پوستان پرورشی گزارش‌هایی مبنی بر اثر گیاهان دارویی بر تحریک اشتها، عملکرد رشد، افزایش وزن، تحریک سیستم ایمنی، خواص ضدباکتری، ضدویروس، ضدانگل و ضداسترس وجود دارد [۱۰]. علاوه بر این استفاده از گیاهان، هزینه درمان را کاهش می‌دهد و سازگار با محیط زیست است و تمایل به تجزیه پذیری بیشتری نسبت به مواد سنتتیک (ترکیبی از مواد مصنوعی) دارد و همچنین به دلیل تنوع زیاد مولکول‌های عصاره گیاهی مقاومت دارویی محصول کمتر می‌باشد [۱۱]. یکی از مهم‌ترین کاربردهای گیاهان دارویی استفاده آنها در جیره غذایی به‌عنوان محرک رشد می‌باشد. مطالعات متعددی در رابطه با اثر گیاهان دارویی گزارش شده است که استفاده آن در پرورش ماهی باعث تحریک اشتها و افزایش وزن می‌شود [۱۲]. شالابی و همکاران [۱۳] گزارش کردند که افزودن سیر (*Allium sativum*) به غذای ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) باعث افزایش مصرف غذا، نرخ رشد ویژه و وزن نهایی آن می‌شود. سیتاراسو در سال ۲۰۱۰ اعلام کرد که گیاهان دارویی موجب تحریک اشتها شده و دارای اثرات مثبت بر رشد ماهی می‌باشند. داروهای گیاهی می‌تواند به‌عنوان یک محرک اشتها عمل کنند. همچنین در تحقیقات بلو و همکاران در سال [۱۴] نشان دادند که استفاده از برگ گردو (*Juglans*) و میوه پیاز (*Allium cepa*) عملکرد رشد و هضم مواد مغذی در گربه ماهی (*Clarias gariepinus*) را افزایش می‌دهد. در مطالعه پوترا و همکارانش [۱۵] نشان دادند که مکمل غذایی عصاره‌ای اتانولی گیاه (*Sauropus androgynous*) باعث تحریک اشتها، رشد و بهبود کارایی مواد غذایی در ماهی هامور (*Ephinephlus coioides*) شده است. همچنین در تحقیق دیگری، اثر تجویز خوراکی عصاره خام گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) در ماهی شیطان قرمز (*Amphiprophus labiatus*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تجویز میزان ۰/۵ و ۱ درصد عصاره خام آلوئه‌ورا باعث افزایش معنی‌دار در شاخص‌های رشد (وزن، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه) می‌گردد [۱۶]. همچنین افزایش شاخص‌های رشد و بیان ژن‌های ایمنی در ماهی باس دریایی (*Lateolabrax japonicus*) تغذیه شده با جیره حاوی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گزارش شد [۱۷]. در دهه گذشته استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان محرک سیستم ایمنی، افزایش قابل توجهی داشته است [۱۸]. راکش داس و همکاران [۱۹] گزارش کردند که استفاده از عصاره ریحان (*Ocimum sanctum*) در جیره‌ی کپور هندی (*Labeo rohita*) موجب ایمنی و بقاء ماهی در برابر عفونت ناشی از آئروموناس هیدروفیلا (*Aeromonas hydrophila*) می‌شود و نیز استفاده از پودر ریزوم زنجبیل در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) موجب تحریک سیستم ایمنی ماهی می‌شود. قاسمی پیربلوطی و همکاران [۲۰] اعلام نمودند که افزودن اسانس پونه، مرزه بختیاری و زرین گیاه به جیره غذایی قزل‌آلا به میزان یک درصد باعث تقویت سیستم ایمنی می‌شود



به طوری که درصد فاگوسیتوز، تعداد جرم فاگوسیت شده و میزان ایمنوگلوبولین پس از ۸ هفته تغذیه با گیاهان مذکور افزایش یافته بود. در این مطالعه اثر اسانس گیاهان پونه کوهی (*Mentha longifolia*) مرزه (*Satureja hortensis*) و آویشن شیرازی (*Zataria multiflora*) بر برخی شاخص های ایمنی غیراختصاصی ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۲- پروبیوتیک

پروبیوتیک در لغت یونانی به معنای برای زندگی می باشد [۲۱]. اداره غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) و سازمان بهداشت جهانی (WHO) پروبیوتیک را این گونه تعریف می کند: «پروبیوتیک ها میکروارگانیسم های زنده ای هستند که مصرف کافی آن ها سبب نمایان شدن اثرات سلامت بخش در بدن میزبان می شود» [۲۲] که دارای اثرات مثبتی از جمله افزایش جذب مواد معدنی، سنتز ویتامین ها، بهبود تعادل میکروفلور روده، افزایش کارایی غذا با افزایش فعالیت آنزیم های گوارشی و ارتقاء سطح ایمنی بدن از طریق افزایش فعالیت ماکروفاژها و تولید آنتی بادی می باشد [۲۳]. پروبیوتیک ها به عنوان مکمل های غذایی زنده ای در جیره غذایی، قابلیت زنده ماندن در هنگام عبور از دستگاه گوارش را تا رسیدن به محل هدفشان، تکثیر در مقیاس انبوه و ادامه حیات برای مدت زمان طولانی به هنگام نگهداری را دارند [۲۱]. تأثیر مثبت میکروارگانیسم های زنده بر دیواره دستگاه گوارش، افزایش بیشتر نرخ تخمیر را به همراه دارد [۲۴] پروبیوتیک ها با تولید ویتامین ها، ترکیبات مسمومیت زدا در جیره غذایی و تجزیه ذرات غیرقابل هضم موجب تحریک اشتها و بهبود تغذیه در میزبان می گردند [۲۵]. استفاده از پروبیوتیک ها در آبرزی پروری روشی مناسب برای کاهش تأثیر بیماری های عفونی است، و استفاده از آن در این صنعت در حال توسعه است [۲۶]. کاربرد مکمل لاکتوزاسیدوفیلوس موجب افزایش مستقیم جمعیت آن در روده می شود و علاوه بر این که می تواند جایگزین باکتری های بیماری زا شود هم چنین می تواند موجب تولید مواد مغذی و تحریک در انتشار آنزیم های گوارش نیز شود [۲۷]. پروبیوتیک هم چنین موجب تولید اسیدهای آلی، پراکسید هیدروژن، آنتی بیوتیک ها، باکتریوسین ها، سایدروفورها و لیزوزیم شود [۲۸ و ۲۹]، که در نتیجه آن ها هم در تنظیم پاسخ ایمنی ماهی نقش دارند [۳۰]. در مطالعه دیگری نشان داد که کاربرد پروبیوتیک در ماهی صبیتی موجب افزایش طول ویلی را به دنبال [۳۱].

در تحقیقاتی نشان داده شد که تغذیه ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata* L) با پروبیوتیک باسیلوس سابتیلوس و ریزجلبک ها سبب افزایش ژن های درگیر در سیستم ایمنی شامل اینترلوکین-۱، اینترلوکین-۶، اینترلوکین-۸، آلفا۱-۸، فسفاتاز شده است [۳۲]. نتایج به دست آمده از مطالعه مونیر و همکاران [۳۳] نشان داد که مصرف مکمل لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس بدون در نظر گرفتن مدت زمان تغذیه، بهترین عملکرد را در رشد و بیان ژن تنظیم کننده ایمنی در ماهی سر ماری انگشت قد (*Channa striata*) نشان داده است. در ارزیابی تأثیر پروبیوتیک (*Lactobacillus rhamnosus*)، بر سلامت و عملکرد ماهی دریایی قرمز (*Pagrus major*) در یک دوره ۸ هفته نشان داد که استفاده از آن موجب افزایش وزن، سرعت رشد، فعالیت پروتئاز و قابلیت هضم پروتئین در بدن می شود و هم چنین نشان دهنده ای افزایش سطح سوپراکسید دیسموتاز می باشد علاوه بر این شاخص های ایمنی از جمله (پروتئین تام سرم، ضد باکتری و فعالیت پراکسیداز) نیز به طور قابل توجهی در ماهی بالا رفته است [۳۴]. در بررسی دیگر بیان شد که استفاده از مکمل پروبیوتیک *Lactobacillus roteri* در مراکز پرورش آبزیان جهت بهبود سلامت ماهیان توصیه می شود [۳۵].

در مطالعه ای ماهی شانک (*Sparus aurata* L.) توسط پروبیوتیک (*Bacillus* (*Lactobacillus plantarum*) (*Bacillus subtilis*) لicheniformis) با دانه ی شنبلیله (*Trigonella foenum graecum*) (به صورت ترکیبی و مجزا) به مدت ۳ هفته تغذیه شد. نتایج حاکی از آن بود که تمام رژیم های غذایی حاوی مکمل های پروبیوتیک به ویژه (*Bacillus licheniformis*) موجب افزایش نرخ رشد در این ماهی می شود و به طور کلی نشان داد در زمان های مختلف شاخص های ایمنی هومورال به ویژه ایمنوگلوبولین توسط مکمل های غذایی افزایش یافته است [۳۶]. در باس دریایی ژاپنی، پروبیوتیک هایی مانند لاکتوکوکس پتاوری و باسیلوس سیامنسیس منجر به تغییرات مشهود در میکروبیوتای روده شدند که با پیامدهای



سلامتی بهتر مرتبط هستند [۳۷]. در بررسی دیگری بیان شد که پروبیوتیک ها می توانند با افزایش فراوانی نسبی باکتری های مفید، ساختار میکروبی روده را تغییر دهند که در ماهی قزل آلا رنگین کمان، پروبیوتیک هایی مانند *Bacillus velezensis* و *Lactobacillus sakei* حضور باکتری های مفیدی مانند *Ruminococcus* و *Lachnospiraceae* را افزایش دادند که با بهبود رشد و ایمنی مرتبط هستند [۳۸].

۲-۳- پری بیوتیک

پری بیوتیک، ماده غذایی غیرقابل هضمی است که از طریق تحریک رشد و فعالیت یک یا تعداد معدودی از باکتری های موجود در روده اثرات سودمندی برای میزبان دارد و می تواند باعث بهبود سلامت میزبان شود. این ماده شامل کربوهیدرات های غیرقابل هضم، بعضی از پپتیدها، پروتئین ها و برخی از چربی ها است [۳۹]. عناصر غذایی که به عنوان پری بیوتیک طبقه بندی می شوند باید خواصی را داشته باشند از جمله: عدم هضم پذیری در بخش های فوقانی دستگاه گوارش، قابلیت تخمیر توسط یک یا تعدادی از باکتری های مفید روده به صورت گزینشی که در نهایت فلور میکروبی روده را به تولید ترکیبات سالم سوق دهند [۴۰ و ۴۱]. تأثیر سطوح متفاوت پری بیوتیک مانانالیگوساکارید در خرچنگ دراز آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت گزارش نمودند که این ترکیبات موجب افزایش رشد در این آبرزی می شود. در مطالعاتی دیگر، تأثیر سطوح مختلف بتاگلوکان (ماکروگارد) بر سیستم ایمنی و رشد گونه های مختلف ماهی گزارش شده است که از جمله می توان به ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) [۴۲] گربه ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) [۴۳] اشاره کرد. همچنین تحقیقات انجام شده بر ماهی سر ماری (*Channa striata*) تغذیه شده با ۶ رژیم غذایی مختلف (لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس ۱٪، مخمر ۱٪، β -گلوکان ۰.۱٪، گالاکتو-الگوساکارید ۱٪، الگوساکارید مانان ۰.۲٪ و شاهد) نشان داد که بعد از ۱۲ هفته غذادهی مقدار وزن در تیمارهای آزمایشی که با جیره های حاوی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، مخمر و β -گلوکان تغذیه شدند، به طور قابل توجهی افزایش یافته است به طوری که بعد از در معرض قرار گرفتن با باکتری آئروموناس هیدروفیلا، کاهش مرگ و میر و افزایش در میزان ایمونوگلوبولین و لیروزیم را نسبت به شاهد نشان دادند [۴۴]. ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) و باس دریایی (*Dicentrarchus labra*) تغذیه شده با جیره های غذایی پری بیوتیک اگزپلو اولیگوساکارید (*xylooligosaccharides*) افزایش لیروزیم و ایمونوگلوبولین را نشان داده است. در مطالعه ای دیگر اثرات رژیم غذایی β -گلوکان و ویتامین C (ترکیبی و مجزا) بر برخی شاخص های فیزیولوژیک ماهی دریایی قرمز (*Pagrus major*) در معرض تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص هایی مانند وزن نهایی بدن، میزان رشد، پروتئین بدن، پروتئین کل سرم، هماتوکریت، فعالیت لیروزیم و سوپراکسید دیسموتاز در ماهیان تغذیه شده با جیره های غذایی حاوی β -گلوکان و ویتامین C نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. همچنین ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی ترکیبی این دو مکمل، کاهش معنی داری در میزان قند خون، مالون دی آلدئید و تری گلیسرید را نسبت به گروه شاهد نشان دادند [۴۵]. مطالعات نشان می دهد که پری بیوتیک هایی مانند زایلولیگوساکاریدها (XOS) و گالاکتولیگوساکاریدها (GOS) به طور قابل توجهی جذب مواد مغذی را افزایش می دهند که منجر به بهبود ضریب تبدیل خوراک (FCR) در ماهی می شود.

۲-۴- سین بیوتیک

سین بیوتیک به صورت ترکیبی از یک پروبیوتیک و پری بیوتیک می باشد، این ترکیب به صورت هم افزا عمل کرده و اثرات سینرژیک اجزای تشکیل دهنده آن را به همراه دارد. مطالعات نشان می دهند که سین بیوتیک ها از طریق تقویت عملکرد پروبیوتیک ها توسط پری بیوتیک ها، تأثیرات مفید بیشتری نسبت به مصرف جداگانه این دو جزء ارائه می کنند و اثرات هردوی این اجزاء را شامل می شود [۴۶]. سین بیوتیک به طور مستقیم و غیرمستقیم ممکن است از طریق رهاسازی آنزیم های باکتریایی خارج سلولی و محصولات فعال زیستی از فرایند متابولیک بدن، موجب ارتقاء رشد آبریان شود. علاوه بر این ممکن است این ترکیبات موجب فعال شدن پیش ساز آنزیم های گوارشی و تقویت توانایی جذب مواد مغذی در میزبان شود که در



نتیجه منجر به افزایش کارایی از مواد غذایی می‌شوند [۴۷]. مزایای اصلی سین‌بیوتیک مانند مقاومت به آلودگی باکتریایی دستگاه گوارش، فعالیت آنتی‌میکروبی و بهبود سیستم ایمنی منجر به گسترش محصولات سین‌بیوتیک شده است [۴۸]. پری‌بیوتیک ماده غذایی مورد نیاز پروبیوتیک را در دستگاه گوارش تأمین می‌کند و باعث افزایش مقاومت آن در برابر کمبود اکسیژن، اختلاف درجه حرارت و PH پایین می‌شود. کاربرد مکمل‌های غذایی سین‌بیوتیک در لارو گوره-خر ماهی (*Danio rerio*) [۴۹]، فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*) [۵۰]، بچه‌ماهی سفید (*Rutilus kutum*) [۵۱] و نیز قزل‌آلای رنگین‌کمان انگشت قد [۵۲] افزایش عملکرد رشد را نشان داده است. اثرات مثبت به‌کارگیری سین‌بیوتیک‌ها در ماهی قزل‌آلا [۵۳] و میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) [۵۴] نیز گزارش شده است. یو و همکاران [۵۵] اثرات تغذیه‌ای سین‌بیوتیک در ماهی فلاندر ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) را مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که ماهیان تغذیه‌شده با سین‌بیوتیک نسبت به ماهیانی که با پروبیوتیک و پری‌بیوتیک به تنهایی تغذیه شده بودند از عملکرد رشد بهتر و کارایی تغذیه بالاتری برخوردار بودند [۵۶]. در مطالعه‌ای شاخص‌های رشد و ایمنی کوسه‌ماهی (*Pterophyllum scalare*) تغذیه‌شده با آرتمیای (*franciscana*) غنی‌شده با سین‌بیوتیک (*Pediococcus acidilactici* و *fructooligosaccharide*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این تیمارهای آزمایشی بالاترین افزایش وزن و سرعت رشد ویژه را داشته و در مواجهه با تنش‌های محیطی (درجه حرارت ۱۷ درجه سانتیگراد و شوری ۱۲ گرم در لیتر) افزایش سطح کل فعالیت ایمونوگلوبولین و لیزوزیم را در موکوس پوست مشاهده شده است (اعظیمی راد و همکاران، ۲۰۱۶). در خرچنگ (*Astacus leptodactylus leptodactylus*) تغذیه‌شده با سین‌بیوتیک (*Enterococcus faecalis*) و *Nocardia (brasiliense)* و ویبریو هرویا (*Vibrio harveyi*) افزایش فعالیت ضد باکتری را در موکوس پوست نشان داده است [۴].

۵-۲- اسید آلی

اسیدهای آلی یکی از انواع محرک‌های طبیعی هستند که در ساختارشان دارای یک یا بیش از چند گروه کربوکسیل می‌باشند [۵۷] و به دو صورت اسیدهای خالص و نمک‌های آن در طبیعت وجود دارند [۵۸]. اسیدهای آلی با کاهش بار میکروبی در غذای مصرفی، باعث کاهش PH معده، روده و عملکرد بهتر آنزیم‌ها می‌شود. این اسیدها با کاهش باکتری‌های مضر و با توازن فلور میکروبی روده می‌توانند به بهبود سلامت آبزیان کمک کنند [۵۸]. در مطالعات نشان داده شده است که اسیدهای آلی ترشح آنزیم‌های لوزالمعده را تحریک می‌کنند و قابلیت هضم مواد مغذی را بهبود می‌بخشند و در نتیجه می‌توانند منجر به عملکرد بهتر رشد و پروفایل مواد مغذی در ماهی شود [۵۹]. تحقیقات نشان می‌دهد که اسیدهای آلی به‌عنوان افزودنی‌های خوراکی در آبرزی پروری، توانایی بهبود عملکرد رشد، ارتقای سلامت و افزایش پایداری سیستم‌های پرورش ماهی را دارا می‌باشند. این ترکیبات به‌ویژه به دلیل اثربخشی در تحریک رشد و تقویت ایمنی، گزینه‌ای امیدبخش برای جایگزینی محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی محسوب می‌شوند. کاربرد گسترده آنها در صنعت آبرزی پروری می‌تواند به کاهش وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها و در نتیجه، کاهش خطرات ناشی از مقاومت میکروبی و بقایای دارویی در محیط زیست منجر شود. در اسیدهای آلی مانند بوتیرات با انتقال انرژی به سلول‌ها موجب تحریک رشد سلول‌های اپیتلیال در روده می‌شوند. مکمل اسیدهای آلی مختلف در رژیم غذایی باعث افزایش عملکرد آبزیان می‌شود که می‌توان به افزایش رشد آزادماهی اطلس (*Salmo salar*) [۶۰] و میگوی سفید [۶۱]، قرمز درام (*Sciaenops ocellatus*) [۶۲]، قزل‌آلای رنگین‌کمان [۶۳] افزایش قابلیت هضم مواد غذایی در تیلاپیا، فیل‌ماهی [۶۴]، گربه‌ماهی زرد [۶۵]، افزایش فلور روده در تیلاپیا [۶۶] و میگو سفید وانامی (رومانو و همکاران، ۲۰۱۵) اشاره نمود. در مطالعه‌ای با افزایش سدیم بوتیرات به جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) افزایش ژن درگیر در ایمنی IL-1، TNF [۶۷] و افزایش شاخه‌های رشد از جمله آنزیم فنول اکسیداز و بهبود وضعیت بافت هپاتوپانکراس و مقاومت در برابر باکتری ویبریو در میگوی سفید وانامی (*Litopenaeus vannamei*) مشاهده شده است



[۵۷] پروبیوتات و بوتیرات سدیم موجود در جیره غذایی میگوی سفید وانامی بعد از مواجهه با باکتری ویبریو با بهبود عملکرد باکتری‌های روده باعث افزایش مقاومت در برابر این باکتری گردیده است. در مطالعه دیگر روی ماهی سیم سیاه دریایی، رژیم غذایی حاوی اسید لوریک باعث بهبود رشد ماهی، قابلیت آنتی اکسیدانی، میکروبیوتای روده و سلامت روده می شود.

۳- نتیجه گیری

با توجه به افزایش روزافزون استفاده از مواد افزودنی طبیعی (محرک‌های رشد و ایمنی) در صنعت آبی پروری و بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات صورت گرفته می‌توان نتیجه گیری نمود که محرک‌ها (پروبیوتیک، پری‌بیوتیک، سین‌بیوتیک، گیاهان دارویی و اسیدهای الی) قادر به بهبود برخی از فاکتورهای فیزیولوژیک نظیر افزایش عملکرد سیستم ایمنی و رشد درآزبان می‌باشند [۶۸]. بااین حال مطالعات بیشتری جهت استفاده هرچه بهتر محرک‌های ایمنی موردنیاز می‌باشد زیرا دستیابی به دوز مصرف، مدت زمان مؤثر، نحوه مصرف مکمل‌های غذایی و همچنین گونه ماهی موردنظر نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

منابع

- [1] Gephart, J. A., Golden, C. D., Asche, F., Belton, B., Brugere, C., Froehlich, H. E. Allison, E. H. (2020). Scenarios for Global Aquaculture and Its Role in Human Nutrition. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 1–17.
- [2] Ejaz, S., Azam, K. M., Aslam, M. L., Haroon, M., Arooj, A., Bukhari, S. U., Shah, S. K. A., Qaisar, A., Amir, M., & Ali, M. (2024). Nourishing Aquatic Life: A Comprehensive Reviewing of Fish Feed Strategies and Disease Combat in Aquaculture. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 12(10), 343–352.
- [3] Michael, E.T., Amos, S.O. and Hussaini, L.T. 2014. A Review on Probiotics Application in Aquaculture. *Fisheries and Aquaculture Journal*. 5(4): 1-3.
- [4] Safari, O. , Paoluccib, M. and Ahmadnia. M, H. 2017. Effects of synbiotics on immunity and disease resistance of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Fish & Shellfish Immunology*. 64: 392–400.
- [5] Sado, R. Y., Bicudo, Á. J. D. A., & Cyrino, J. E. P. (2008). Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, has no effect on hematological parameters and showed decreased feed consumption. *Journal of the world Aquaculture Society*, 39 (6), 821-826.
- [6] Amlashi, A.S., Falahatkar, B., Sattari, M. and Gilani, M.H.T. 2011. Effect of dietary vitamin E on growth, muscle composition, hematological and immunological parameters of sub-yearling beluga *Huso huso* L, *Fish and Shellfish Immunol*. 30 (3): 807-814.
- [7] Kasapoğlu, K. N., Altin, G., Farooqi, A. A., Salehi, B., Özçelik, B., Setzer, W. N., & Sharifi-Rad, J. (2020). Anti-proliferative, genotoxic and cytotoxic effects of phytochemicals isolated from Anatolian medicinal plants. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, 66(4), 145–159.
- [8] Chakraborty, S.B. and Hancz, C. 2011. Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture*. 3: 103–119.
- [9] Citarasu, T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*. 18: 403- 414.
- [10] Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B. and Sasal, P. 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*. 433: 50–61.
- [11] Olusola, S.E., Emikpe, B.O. and Olaifa, F.E. 2013. The potentials of medicinal plants extracts as bio-antimicrobial in aquaculture. *International Journal of Medicinal Plants*. 3: 404–412.



- [12] Assan, D., Huang, Y., Mustapha, U. F., Addah, M. N., Li, G., & Chen, H. (2021). Fish Feed Intake, Feeding Behavior, and the Physiological Response of Apelin to Fasting and Refeeding. *Frontiers in endocrinology*, 12, 798903.
- [13] Shalaby, A.M., Khattab, Y.A. and Abdel Rahman, A.M. 2006. Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins including*. 12: 172–201.
- [14] Bello, O. S., Olaifa, F.E. and Emikpe, B.O. 2012. The Effect of Walnut (*Tetracarpidium conophorum*) Leaf and Onion (*Allium cepa*) Bulb Residues on the Growth Performance and Nutrient Utilization of *Clarias gariepinus*. Juveniles. *Agricultural Science*. 4: 205-213.
- [15] Putra, A., Santoso, U., Lee, M.-C. and Nan, F.-H. 2013. Effects of dietary katuk leaf extract on growth performance, feeding behavior and water quality of grouper *Epinephelus coioides*. *Aceh Int. Journal of Science and Technology*. 2: 17–25.
- [۱۶] علیشاهی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر سطوح مختلف عصاره خام گیاه آلوئه ورا بر شاخص های رشد و میزان مقاومت در برابر عفونت با باکتری *آئروموناس هیدروفیلا* در ماهی سیکلید (*Amphiprophus labiatus*). *مجله بیولوژی دریا*، سال ۲، شماره ۸، ۴۶–۴۱ ص.
- [17] Awad, E., Cerezuela, R. and Esteban, M. Á. 2015. Effects of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) on gilthead seabream (*Sparus aurata* L) immune status and growth performance. *Fish & shellfish immunology*. 45(2): 454-464.
- [18] Vaseeharan, B. and Thaya, R. 2014. Medicinal plant derivatives as immunostimulants: an alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. *Aquaculture International*. 22:1079–1091.
- [19] Rakesh Das, R., Raman, R.P., Saha, H. and Singh, R. 2013. Effect of *Ocimum sanctum* Linn. (Tulsi) extract on the immunity and survival of *Labeo rohita* (Hamilton) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Quaculture Research*. 1-11.
- [۲۰] قاسمی پیر بلوطی، ع. پیرعلی، ا. پیشکار، غ. جلالی، م. ع. رئیسی، م. جعفریان، م. و حامدی، ب. ۱۳۹۰. اثر اسانس چند گیاه دارویی بر سیستم ایمنی ماهی قزل آلا رنگین کمان. *داروهای گیاهی*، سال ۲، شماره ۲، ۱۴۹–۱۵۵ ص.
- [21] Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animal. *Journal of Applied Bacteriology*. 66: 365-378.
- [22] FAO, Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. 2001.
- [23] Gatesoupe, F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*. 180: 147-165.
- [24] Paola, N. and Dariel, TR. 2014. Use of Yeasts as Probiotics in Fish Aquaculture. *Aquaculture Techniques*. 136–172.
- [25] Amenyogbe, E., Chen, G., Wang, Z., Huang, J., Huang, B., & Li, H. (2020). The exploitation of probiotics, prebiotics and synbiotics in aquaculture: present study, limitations and future directions.: a review. *Aquaculture International*, 28, 1017-1041.
- [26] Simón, R., Docando, F., Nuñez-Ortiz, N., Tafalla, C., & Díaz-Rosales, P. (2021). Mechanisms Used by Probiotics to Confer Pathogen Resistance to Teleost Fish. *Frontiers in immunology*, 12, 653025.
- [27] Cüneyt, S., Deniz, Ç., Okan, K.H., Şahin, S., Kürşat, F., Özge, O. and Hakan, K. 2008. *Lactobacillus* spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. *Aquaculture*. 280 (1–4): 140–145.
- [28] Yan, L., Boyd, K.G. and Burgess, J.G. 2002. Surface attachment induced production of antimicrobial compounds by marine epiphytic bacteria using modified roller bottle cultivation. *Journal of Marine Biotechnology*. 4: 356-366.
- [29] El-Dakar, A.Y., Shalaby, S. M. and Saoud, I.P. 2007. Assessing the use of a dietary probiotic/prebiotic as an enhancer of spine foot rabbit fish *Siganus rivulatus* survival and growth. *Aquaculture Nutrition*. 13: 407- 412.
- [30] Abbas, A.K., Lichtman, A.H, and Pillai, S. 2012. *Cellular and Molecular Immunology*, seventh ed., Saunders Elsevier Philadelphia, PA, USA, 2012.



- [۳۱] مرشدی، وحید، اق، ناصر، نوری، فرزانه، حامدی، شیرین و جعفری، فاطمه. (۱۴۰۰). اثرات مصرف جداگانه پروبیوتیک و ترکیب با پریبیوتیک جیره بر ساختار بافت‌شناسی روده و پارامترهای بیوشیمیایی خون بچه ماهی صیبتی (Sparidentex hasta) مجله علوم آبی پروری، ۹(۲)، ۱۳۹-۱۴۸.
- [32] Cerezuela, R., Meseguer, J. and steban, M.A. 2012. Effects of dietary inulin, Bacillus subtilis and microalgae on intestinal gene expression in gilthead seabream (*Sparus aurata* L). Fish Physiology and Biochemistry. 34: 843-848.
- [33] Munira, M. B., Hashimb, R., Chaid, Y.H., Marshc, T.L. and Mohd Nora. S. A. 2016. Dietary prebiotics and probiotics influence growth performance, nutrient digestibility and the expression of immune regulatory genes in snakehead (*Channa striata*) fingerlings. Aquaculture. 460: 59-68.
- [34] Dawood, M. A., Koshio, S., Ishikawa, M., El-Sabagh, M., Esteban, M.A. and Zaineldin, A.I. 2016. Probiotics as an environment-friendly approach to enhance red sea bream, *Pagrus major* growth, immune response and oxidative status. Fish & Shellfish Immunology. 57: 170-178.
- [۳۵] ابراهیم علی، پناهی نگار، کاظم‌پور رضا، خواجه رحیمی امیراقبال، هادیزاده نجمه. ۱۴۰۲. بررسی تاثیر تغذیه با پروبیوتیک و مسمومیت تجربی با داروی ناپروکسن بر آسیب‌شناسی بافتی در ماهی زبرا (*Danio rerio*) آبیان زینتی. ۱۰ (۳): ۹-۲۰.
- [36] Bahi, A., Guardiola, F.A., Messina, C., Mahdhi, A., Cerezuela, R., Santulli, A., Bakhrouf, A. and Esteban, M.A. 2017. Effects of dietary administration of fenugreek seeds, alone or in combination with probiotics, on growth performance parameters, humoral immune response and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata* L). Fish & Shellfish Immunology. 60: 50-58.
- [37] Yang, H., Liu, Z. Y., Jian, J., Liu, Z., Ye, J., & Sun, Y.-Z. (2022). Host-Derived Probiotics Shape the Intestinal Microbial Composition, but not Putative Function in Juvenile Japanese Seabass (*Lateolabrax japonicus*). Frontiers in Marine Science, 9.
- [38] Zhao, C., Men, X., Dang, Y., Zhou, Y. G., & Ren, Y. C. (2023). Probiotics Mediate Intestinal Microbiome and Microbiota-Derived Metabolites Regulating the Growth and Immunity of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Microbiology Spectrum, 11.
- [39] Gibson, G.R. and Roberfroid, M. B. 1995. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition. 125: 1401-1412.
- [40] Fooks, L. J. and Gibson, G. R. 2002. Probiotic as a modulators of the gut flora. British Journal of Nutrition Suppl. 1: S39-S49.
- [41] Mazlum, Y., Yilmaz, E., Genc, M. A. and Guner, O. 2010. A preliminary study on the use of mannanoligosaccharides (MOS) in freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus*. Aquaculture International. 19(1): 111-119.
- [42] Pionnier, N. Falco, A. Miest, J. Frost, P. Irnazarowb, I. Shrive, A. and Hoole, D. 2013. Dietary β -glucan stimulate complement and Creactive protein acute phase responses in common carp (*Cyprinus carpio*) during an *Aeromonas salmonicida* infection. Fish and Shellfish Immunology. 34(3): 819-831.
- [43] Welker, T. L., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R. and Klesius, P. H. 2007. Response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing whole-cell yeast or yeast subcomponents. Journal of the World Aquaculture Society. 38(1): 24-35.
- [44] Talpur, A. D., Munir, M. B., Mary, A. and Hashim. R. 2014. Dietary probiotics and prebiotics improved food acceptability, growth performance, haematology and immunological parameters and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in snakehead (*Channa striata*) fingerlings. Aquaculture. 426-427: 14-20.
- [45] Dawood, M. A.O., Koshio, Sh., Mabrouk El-Sabagh, M., Billah, M. M., Zaineldin, A., Zayed, M. M. and El-Dein. O, A. A. 2017. Changes in the growth, humoral and mucosal immune responses following β -glucan and vitamin C administration in red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture. 470: 214-222.



- [46] Shinde, T., Perera, A. P., Vemuri, R., Gondalia, S. V., Karpe, A. V., Beale, D. J., Shastri, S., Southam, B., Eri, R., & Stanley, R. (2019). Synbiotic Supplementation Containing Whole Plant Sugar Cane Fibre and Probiotic Spores Potentiates Protective Synergistic Effects in Mouse Model of IBD. *Nutrients*, 11(4), 818.
- [47] Huynh, T.G., Shiu, Y. L., Thanh-Phuong Nguyen, T. P., Truong, Q. P., Chenc, J. C. and Chun-Hung Liua, C.H. 2017. Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology*. 64: 367–382.
- [48] Alvanou, M. V., Feidantsis, K., Staikou, A., Apostolidis, A. P., Michaelidis, B., & Giantsis, I. A. (2023). Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics Utilization in Crayfish Aquaculture and Factors Affecting Gut Microbiota. *Microorganisms*, 11(5), 1232.
- [49] Nekoubin, H., Gharedashi, E., Imanpour, M.R. and Asgharimoghadam, A. 2012. The influence of synbiotic (Biomim Imbo) on growth factors and survival rate of Zebrafish (*Danio rerio*) larvae via supplementation with biomim. *Global Veterinaria*. 8(5): 503-506.
- [50] Akrami, R., Chitsaz, H., Hezarjaribi, A. and Ziaei, R. 2012. Effect of Dietary Mannan Oligosaccharide (MOS) on Growth Performance and Immune Response of Gibel Carp Juveniles (*Carassius auratus gibelio*). *Journal of Veterinary Advances*. 2(10): 507- 513.
- [۵۱] طالبی حقیقی، د. فلاحی کپور چالی، م. و عبدالله تبار، س.ی. ۱۳۸۹. اثرات سطوح مختلف سین بیوتیک Biomim Imbo بر رشد و بازماندگی بچه ماهیان سفید (*Rutilus Frisian kutum*). *مجله شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزاد شهر*، سال ۴، شماره ۳، ۱ – ۱۵.
- [۵۲] محرابی، ز. فرید بخش، ف. حیدری، م. و جعفرپور، ع. ۱۳۸۹. بررسی اثر پروبیوتیک و پری بیوتیک به عنوان مکمل غذایی ترکیبی بر عملکرد رشد و بازماندگی بچه ماهیان انگشت قد قزل آلائی رنگین کمان. *چهارمین کنگره علوم دامی ایران*، دانشگاه تهران.
- [53] Rodriguez-Estrada, U., Satoh, S., Haga, Y., Fushimi, H., Sweetman, J. 2009. Effects of single and combined supplementation of *Enterococcus faecalis*, mannan oligosaccharide and polyhydrobutyric acid on growth performance and immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Sciences*. 57: 609–617.
- [54] Li, J.Q., Tan, B.P., Mai, K.S. 2009. Dietary probiotic Bacillus OJ and isomal to oligosaccharides influence the intestine microbial populations, immune responses and resistance to white spot syndrome virus in shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 291: 35–40.
- [55] Ye, J. D., Wang, K., Li, D.F. and Sun, Y.Z. 2011. Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition*, 17(4): 902- 911.
- [56] Sewaka, M., Trullas, C., Chotiko, A., Rodkhum, C., Chansue, N., Boonanuntanasarn, S., & Pirarat, N. (2019). Efficacy of synbiotic Jerusalem artichoke and Lactobacillus rhamnosus GG-supplemented diets on growth performance, serum biochemical parameters, intestinal morphology, immune parameters and protection against *Aeromonas veronii* in juvenile red tilapia (*Oreochromis spp.*). *Fish & shellfish immunology*, 86, 260–268.
- [57] 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* white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 435: 228–236.
- [58] Luckstadt, C. 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science. Nutrition and Natural Resources*. 3 (044): 1-8.
- [59] Sardar, P., Shamna, N., & Sahu, N. P. (2020). Acidifiers in aquafeed as an alternate growth promoter: A short review. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 20(2), 353–366.



- [60] Baeverfjord, G. and Krogh, A. 1996. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. *Journal of Fish Diseases*. 19: 375–387.
- [61] Da Silva, B.C., do, F., Vieira, N., Mourino, J.L.P., Bolivar, N. and Seiffert, W.Q. 2014. Butyrate and propionate improve the growth performance of *Litopenaeus vannamei*. *Reviews in Aquaculture*. 47: 612- 623.
- [62] Castillo, S., Rosales, M., Pohlenz, C. and Gatlin, D.M. 2014. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*. 433: 6-12.
- [63] Hernandez, A.J., Satoh, S. and Kiron, V. 2012. Supplementation of citric acid and amino acid chelated trace elements in low-fish meal diet for rainbow trout affect growth and phosphorus utilization. *The World Aquaculture Society*. 43: 688-696.
- [64] 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: 68-73.
- [65] 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*. 430: 1–8.
- [66] 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*. 291: 89–94.
- [67] Liu, W., Yang, Y., Zhang, J., Gatlin, D., Ringo, E. and Zhoh, Zh. 2014. Effects of dietary microencapsulated sodium butyrate on growth, intestinal mucosal morphology, immune response and adhesive bacteria in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) pte-fed with ir without oxidized oil. *Journal of Nutrition*. 112: 15-29.
- [68] 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*. *Reviews in Aquaculture*. 40: 1490–1500.