بررسی عملکرد اسیدهای آلی بر ماهیان دریایی

فاضل ظهیری[1*]، سید حسین حسینی فر[1]

۱. گروه شیلات، دانشکده شیلات ومحیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

*نویسنده مسئول: fazel_zoheiri1991@yahoo.com

چکیده

استفاده از آنتی‌بیوتیک در غذای موجودات آبزی پرورشی برای کاهش بیماری‌های عفونی یا تقویت عملکرد رشد انجام می‌شود. در سال‌های اخیر، استفاده پیشگیرانه از آنتی‌بیوتیک‌ها مورد انتقاد قرار گرفته است که در نهایت منجر به ممنوعیت تولید و پروش موجودات پرورشی توسط بسیاری از کشورها شده است. با توجه به محدودیت‌های فعلی در استفاده از آنتی‌بیوتیک، یک نیاز اساسی برای ارزیابی گزینه‌ها وجود دارد. اسیدهای آلی و یا نمک‌های آن‌ها یک جایگزین بالقوه برای جلوگیری از استفاده و ترویج بیش از حد آنتی‌بیوتیک‌ها و نیز به عنوان مکمل‌غذایی و مواد ضدمیکروبی، اخیرا مورد توجه بسیاری از محققان و پرورش‌دهندگان قرار گرفته است. این مطالعه مروری با تأکید بر تأثیرات اسیدهای آلی بر رشد، استفاده به عنوان مواد مغذی، در دسترس قراردادن مواد معدنی، بهبود فلور روده و مقاومت در برابر بیماری در ماهیان دریایی می‌باشد. بسیاری از مطالعات گزارش کرده‌اند که برخی از اسیدهای آلی می‌توانند به طور قابل توجهی عملکرد رشد و سلامت ماهی را افزایش دهند که این نتایج ارائه شده، به نظر می‌رسد به گونه‌های آبزیان، نوع و غلظت اسیدهای آلی و شرایط محیط پرورشی مورد استفاده بستگی دارد.

واژگان کلیدی: اسیدهای آلی، آبزی‌پروری پایدار، عملکرد رشد، پاسخ ایمنی

مقدمه

شیلات و یکی از مهم‌ترین بخش‌های آن یعنی آبزی‌پروری، غذا، اشتغال، تفریح، تجارت و رفاه اقتصادی را برای مردم در سراسر جهان، چه برای نسل‌های فعلی و چه برای نسل-های آینده فراهم می‌کند و بنابراین باید به شیوه‌ای مسئولانه و مدیریتی انجام شود. سیاست‌های ملی و بین المللی شیلات و شیوه‌های مدیریت شیلات که منعکس-کننده بهتر اصول قوانین اجرایی باشد، به سهم اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بهبود یافته و پایدار بخش شیلات و دستیابی و رسیدن به هدفی جامع و روبه جلو به منظور افزایش میزان تولید و همچنین تولید محصولات مقوی و با صرفه اقتصادی، منجر می‌شود. بهینه سازی مشارکت شیلات در دستیابی به منافع از نظر غذا، اشتغال، تفریح و تجارت و همچنین اکوسیستم و رفاه اقتصادی-اجتماعی، به نفع جمعیت‌های سراسر جهان خواهد بود (FAO., 2021)، اما افزایش میزان چشمگیر صید از منابع آبی در طی سالیان اخیر، موجب بهره‌برداری و استفاده بیش از حد از منابع آبزی گردید که با توجه به عدم توانایی بالقوه برای افزایش تولید و بازسازی ذخایر و نیز نیاز نسل‌های آینده به محصولات دریایی و شیلاتی، باید راهکارهای سازنده و موثری جهت گسترش تولید محصولات آبزی-پروری به کار گرفت. یکی از این راهکارها، بالابردن میزان تراکم در سطح و افزایش میزان تولید می‌باشد که افزایش تراکم، موجب ایجاد عوامل استرس‌زای زیادی ازجمله تراکم بیش‌ازحد، حمل‌ونقل و کیفیت پایین آب می‌گردد و در نتیجه بر سلامت ماهی تاثیرمنفی می‌گذارند (Li et al., 2004). این شرایط موجب ضعف فیزیولوژیکی و افزایش حساسیت ماهی به عوامل بیماری‌زا و نیز راهی برای بروز طیف وسیعی از بیماری‌ها هستند. محیط استرس‌زا و پرتنش خود نیز عاملی برای سرکوب سیستم ایمنی و افزایش حساسیت نسبت به بیماری‌های عفونی در آبزیان می‌شود. باوجود اقدامات پیشگیرانه تا حدی موفق ازجمله پیشگیری بهداشتی، ضدعفونی، آنتی‌بیوتیک‌ها، واکسن‌ها و شیمی‌درمانی، اما هنوز هم متاسفانه بیماری‌ها، هزینه‌های اقتصادی زیادی بر جای می‌گذارند (Subramanian et al., 2013; Faggio et al., 2015)؛ لذا یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت بهبود سلامت ماهیان استفاده از مکمل‌های غذایی مانند اسیدهای آمینه، آنتی‌بیوتیک‌ها و اسیدهای آلی می‌باشند (Castillo et al., 2014).

مکمل‌ها و افزودنی‌های غذایی مجموعه مواد غیرمغذی هستند که در فرموله کردن جیره برای تاثیرگذاری و افزایش کارایی آن و در نتیجه بهبود و افزایش سلامتی آبزیان، مورد استفاده قرار می‌گیرند (NRC, 2011) مواد آنتی‌بیوتیکی با توجه به مطالعات متعدد و کاربردهای آن‌ها در بهبود وضعیت سلامت و رشد آبزیان، به دلیل داشتن عوارض جانبی از جمله مقاوم سازی پاتوژن‌ها و انتقال به چرخه غذایی جامعه بشری، در سال‌های اخیر کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wongsasak et al., 2015) لذا براساس مطالعات و تحقیقات متخصصان در طی سالیان اخیر، بر استفاده از مواد جایگزین آنتی‌بیوتیک‌ها و افزودنی‌هایی با عوارض و هزینه اقتصادی کمتر از جمله اسیدهای آلی، پروبیوتیک‌ها و مکمل‌های گیاهی متمرکز شده‌اند (Abu Elala and Ragaa., 2014; Mohamadi Saei et al., 2016).

اسیدهای آلی

اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها "به طور کلی به عنوان مکمل و مواد ایمن‌زا در نظر گرفته می‌شوند" و اغلب به عنوان مواد ضدمیکروبی نیز در صنایع غذایی دام استفاده می‌شوند (Defoirdt et al., 2009). اسیدهای آلی از طریق تخمیر میکروبی کربوهیدرات‌ها توسط گونه‌های مختلف باکتریایی تحت مسیرها و شرایط مختلف متابولیکی تولید می‌شوند. برخی از اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین، از جمله اسیدهای استیک، پروپیونیک و بوتیریک، نیز در روده بزرگ انسان و حیوانات با غلظت‌های بالا توسط جوامع

میکروبی بی‌هوازی ایجاد می‌شوند (Cummings et al., 1987; Macfarlane and Macfarlane., 2003). در طبیعت، اسیدهای آلی به عنوان ترکیبات طبیعی در گیاهان یا بافت‌های حیوانی یافت می‌شوند ولی با این حال، بیشتر اسیدهای آلی مورد استفاده تجاری در صنایع غذایی و خوراکی به صورت مصنوعی تولید می‌شوند. اسیدهای آلی نیز ممکن است از طریق ترکیب با پتاسیم (K)، سدیم (Na)، کلسیم (Ca) و غیره به نمک‌های یک یا دو تایی اسید تبدیل شوند و همچنین اسیدهای آلی می‌توانند از اشکال تفکیک نشده به حالت جدا شده تبدیل و بسته به اسیدیته‌ی محیطی و مقدار ثابت تفکیک اسیدی آن تشکیل می‌شود (Ng and Koh., 2017). اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه، اسیدهای کربوکسیلیک با دم آلیفاتیک (کمتر از ۶ کربن) هستند که دارای ساختارهای زنجیره‌ای مستقیم و شاخه‌ای شکل می‌باشند (Layden et al., 2013; Rios-Covian et al., 2020) و نیز حاوی ترکیبات آلدئید با وزن مولکولی کم با یک یا چند گروه کربوکسیل COOH - Rهستند (Jones., 1998) که یک گزینه قابل اطمینان و نیز به عنوان افزودنی خوراکی در حیوانات پرورشی از جمله ماهی ارائه می‌شوند. اسیدهای بنزوئیک، فرمیک، لاکتیک و پروپیونیک، از جمله اسیدهای آلی هستند که در قدیم و به طور سنتی به عنوان نگهدارنده‌های مواد غذایی در هنگام ذخیره‌سازی و انبار کردن برای جلوگیری از قارچ‌زدگی و حمله میکروب‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفتند (Luckstadt., 2008; Ng and Koh., 2011).

نحوه عملکرد و اثرات اسیدهای آلی در رژیم غذایی بر ماهیان دریایی

خواص ضد میکروبی اسیدهای آلی و اثرات بر عملکرد رشد

بارزترین فعالیت عملکردی این اسیدهای ضعیف محلول در لیپید، اسیدی کردن مستقیم pH اطراف سلول، از طریق توانایی جدا شدن در یون‌ها و آزادسازی یون‌های هیدروژن (پروتون‌ها) به محیط اطراف است. با این حال، اتفاق نظر کلی این است که هنگامی که از غشای سلولی میکروب‌ها عبور می‌کنند، روش غالب عملکرد این اسیدکننده‌ها اساساً بر اساس توانایی آن‌ها در کاهش pH سیتوپلاسمی است. اکثر گونه‌های باکتریایی برای رشد مطلوب، به pH مورد نیاز و خاص خود نیاز دارند و در شرایط اسیدی شدید قادر به رشد نیستند (pH <4.5). اسیدهای آلی می‌توانند با کاهش مستقیم pH محیط از طریق آزادسازی یون‌های هیدروژن و در نتیجه جلوگیری و یا مانع شدن از رشد و تکثیر باکتری‌های حساس به اسید، فعالیت ضدمیکروبی خود را بر روی میکروب‌ها اعمال کنند. اسیدهای آلی ضعیف، مانند اسیدهای استیک، سیتریک، بنزوئیک، سوربیک و لاکتیک، معمولاً برای کاهش pH غذاها یا نوشیدنی‌ها به منظور محدود کردن رشد میکروبی استفاده می‌شوند (Stratford and Eklund., 2003; Ng and Koh., 2017). اکنون به طور کلی پذیرفته شده است که اثر ضدمیکروبی، هر دو اثر باکتری استاتیک و اثرات ضد باکتریایی، اسیدهای آلی عمدتا به دلیل توانایی آن‌ها در عبور از غشا نیمه نفوذپذیر باکتری‌ها و جدا شدن در سیتوپلاسم با pH خنثی است (Cherrington et al., 1991; Booth and Stratford., 2003). به نظر می‌رسد همه اسیدهای آلی عملکرد مشابهی با میکروارگانیسم‌ها دارند. اعتقاد بر این است که اسیدهای آلی هنگامی که عمدتاً به شکل تفکیک نشده باشند، در pH پایین، موثرتر هستند و بنابراین موثرترین شکل در از بین بردن میکروارگانیسم‌ها هستند (Brul and Coote., 1999; Lambert and Stratford., 1999). بدین شکل که در داخل سلول باکتری، تجزیه شده و باعث آزاد شدن یون‌های هیدروژن و بیکربنات در سیتوپلاسم سلول شده و با افزایش اسیدیته، سلول باکتری را مجبور می‌کنند تا برای توازن طبیعی اسیدیته، انرژی مصرف کند. از طرف دیگر، یون

کربوکسیل نیز موجب توقف یا کاهش ساختن DNA و پروتئین شده و در مجموع، رشد باکتری کاهش می‌یابد. در نتیجه این تغییرات، رشد باکتری‌های بیماری‌زا محدود شده که این پدیده باعث ارتقای سلامت دستگاه گوارش می‌شود (Safamehr et al., 2017). دراین زمینه مطالعاتی صورت گرفته است از جمله اینکه Castillo و همکاران (۲۰۱۳) در طی مطالعه‌ای بر روی ماهی شوریده قرمز (*Sciaenops ocellatus*) که به مدت ۸ هفته با جیره‌های غذایی حاوی کلسیم لاکتات با سطوح۰/۳٪ و ۱/۵٪، سیتریک اسید با سطوح ۰/۷۵٪ و ۱/۵٪ و پتاسیم دی‌فرمات با سطوح۰/۷۵٪ و ۱/۵٪ تغذیه شده بودند، گزارش‌کرده‌اند که ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی۰/۷۵٪ و ۱/۵٪ سیتریک اسید و ۱/۵ ٪ پتاسیم‌دی‌فرمات، میزان pH معده آن‌ها، پس از ۲ ساعت کاهش پیدا کرده بود. بررسی فعالیت آنزیم‌هایی از جمله پپسین، آمیلاز و آلکالین فسفاتاز در ماهی شوریده قرمز تغذیه شده با اسیدهای آلی نسبت به جیره پایه و فاقد اسیدهای آلی، بیشتر بود. همچنین درسال ۲۰۱۷، مطالعه ای به منظور بررسی تاثیرات سدیم‌دی‌فرومات به عنوان مکمل غذایی بر رشد و سلامت ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) انجام گردید. در این مطالعه ماهیان در ۱۲ گروه تقسیم بندی شده و به مدت ۱۳ هفته با سطوح ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ سدیم‌دی‌فرومات غذادهی شده‌اند که در بررسی و آنالیز داده‌ها مشخص گردید که سدیم‌دی-فرومات با سطح ۰/۳ ٪ نقش موثر و برجسته‌ای را بر رشد سی‌باس اروپایی داشته است که منجر به بیشترین میزان افزایش وزن، شاخص رشد و شاخص‌های استفاده از خوراک شد. همچنین ماهیان تغذیه شده با ۰/۳ ٪ سدیم‌دی‌فرومات در مقایسه با گروه شاهد و یا کنترل، افزایش در تعداد لکوسیت‌ها، لمفوسیت‌ها، درصد مونوسیت‌ها، سلول‌های فاگوسیتوزی، پروتئین سرم و فعالیت لایزوزیمی داشته‌اند (Wassef et al., 2017). در مطالعه‌ای تاثیر بوتریک اسید بر رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و پارامترهای ایمنی ماهی باس دریایی آسیایی (*Lates calcarifer*) مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که ماهیان با میانگین وزنی ۰/۲± ۱۲ گرم به مدت ۶ هفته با ۴ سطح۰ (جیره غذایی فاقد بوتریک اسید)، ۲/۵، ۵ و ۱۰ گرم در کیلوگرم بوتریک اسید، غذادهی شده‌اند که در پایان دوره و با آنالیز امار و اطلاعات دریافتی، مشخص گردید که میزان رشد و فعالیت آنزیم‌های الکالین پروتئاز و لیپاز، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز کبد و غلظت پروتئین کل سرم در تیمارهای تغذیه شده با سطوح ۵ و ۱۰ گرم، در مقایسه با سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین فعالیت کاتالاز کبدی در گروه ۲/۵ گرم در مقایسه با گروه‌های دیگر بیشترین بود. بیشترین میزان فعالیت لایزوزیمی به گروه تغذیه شده با ۱۰ گرم و کمترین مقدار، مربوط به گروه شاهد گزارش شده است. فعالیت همولوتیکی سرم در گروه‌های ۲/۵و ۵ بیشتر از سایر تیمارها بود و همچنین تعداد گلبول‌های قرمز و سفید در ماهیان تغذیه شده با بوتریک اسید، نسبت به گروه کنترل بیشتر بود (Aalamifar et al., 2020). در مطالعه Castillo و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماهی شوریده قرمز، گزارش شده است که ماهیان تغذیه شده با ۱/۵٪ سیتریک اسید، ۱/۵٪ پتاسیم دی‌فرمات و ۱/۵٪ کلسیم لاکتات داری افزایش وزن بیشتری نسبت به جیره غذایی پایه بودند. همچنین بررسی فاکتورهای خونی و ترکیب بدنی ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) تغذیه شده به مدت ۸ هفته با جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف نمک اسیدهای آلی شامل سدیم‌استات و سدیم پروپیونات در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره فاقد اسیدهای آمینه و غنی از پروتئین گیاهی نشان داد که وزن نهایی در ماهیان تغذیه شده با سطوح ۵ و ۱۰ سدیم پروپیونات و جیره غذایی شامل دو نمک اسیدهای آلی، در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود. همچنین بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی مربوط به گروه کنترل (۱/۷۱) و کمترین ضریب، مربوط به ماهیان تغذیه شده با سدیم‌پروپیونات ۵ درصد (۱/۹۱) می‌باشد. همچنین میزان فاکتورهای خونی در تیمارهای تغذیه شده با نمک‌های اسیدهای آلی نسبت به گروه شاهد بیشتر بود (Sangari et al., 2021).

اثرات اسیدهای آلی بر فلور دستگاه گوارش

چندین مطالعه نشان داده است که گنجاندن اسیدهای آلی، نمک‌ها و یا مخلوط آن‌ها در غذای ماهیان دریایی می‌تواند بر جامعه باکتریایی دستگاه گوارش آنها تأثیر بگذارد. اولین شواهد از کاهش قابل ملاحظه فلور قابل کشت در مدفوع دفع شده و سطح روده ماهیانی که از رژیم‌های غذایی مکمل اسیدهای آلی تغذیه می‌کنند، توسط Ng و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است. سپس، اثر ضدمیکروبی اسیدهای آلی بر جامعه میکروبی روده در کفشک ماهی زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) (Park et al., 2011) و میگوی پا سفید (*Litopenaeus vannamei*) (Silva et al., 2013, 2016) گزارش و نشان داده شده است که گنجاندن اسیدهای آلی در رژیم‌های غذایی ماهی و میگو باعث کاهش جمعیت باکتری‌های بالقوه مضر مانند ویبریو در روده می‌شود همچنین اسیدهای آلی به غیر از کاهش جمعیت باکتری‌ها، باعث تغییر در ترکیب جمعیت فلور دستگاه گوارش نیز می‌شوند. اسیدهای آلی همچنین باعث تغییر در ریخت‌شناسی دیواره روده و بنابراین، از تخریب و آسیب سلول‌های پوششی روده جلوگیری می‌کنند (Safamehr et al., 2017). تغییرات در جمعیت و ترکیب فلور روده می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر عملکرد رشد موجودات آبزی، استفاده از مواد مغذی، پاسخ ایمنی و مقاومت در برابر عوامل بیماری زا داشته باشد. برای روشن نمودن اثرات اسیدهای آلی در رژیم غذایی که از طریق تغییرات فلور روده ایجاد می‌شود، تحقیقات متمرکز بیشتری لازم است. جمعیت میکروبی دستگاه گوارش باید با دقت بیشتری و با استفاده از روش پیچیده‌تر مشخص شود تا بینش عمیق‌تری در مکانیسم‌های اساسی ایجاد کند. Lin و همکاران (۲۰۱۷) اعلام کرده‌اند که ماهیان هامور غول پیکر (*Epinephelus lanceolatus*) تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱٪ بوتیرات، بی‌نظمی اپیتلیوم پوششی روده کمتری را در مقایسه با گروه کنترل نشان داده‌اند. همچنین در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۸، بر روی بچه ماهیان باس دریایی اروپایی تغذیه شده با بوتیرات انجام گردید، مشخص گردید که میزان فعالیت ضدباکتریایی، لایزوزیمی و فاگوسیتوزی در بچه ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۰/۲٪ و ۰/۳٪ بوتیرات نسبت به گروه کنترل بیشتر بود. همچنین بوتیرات می‌تواند تعادل بار باکتریایی را از طریق تقویت باکتری‌های مفید و مهار عوامل بیماری‌زا را در روده حفظ و در نتیجه پاسخ ایمنی ماهی را تعدیل و تحریک کند. بررسی اندازه‌گیری مقاطع روده، اثرات مثبت جیره غذایی حاوی بوتیرات را نشان داد و اینکه بوتیرات با تاثیر بر لومن روده، باعث ضخیم شدن لایه‌های عضلانی، افزایش تعداد سلول‌های جامی و ارتفاع و عرض پرزهای روده ماهی شده است (Abdel-Mohsen et al., 2018). بررسی استفاده از جیره‌های ترکیبی حاوی اسیدهای آلی به مدت ۱۰ هفته در مقایسه با جیره غذایی فاقد اسیدهای آلی در کفشک ماهی زیتونی، نشان داد که روده ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی اسیدهای آلی در مقایسه با گروه کنترل، تعداد باکتری‌های ویبریو در آن‌ها کمتر بود و همچنین میزان مرگ‌ومیر آن‌ها بعد از تنش باکتریایی کمتر از ماهیان گروه کنترل گزارش شده است (Katya et al., 2018).

افزایش دسترسی به مواد غذایی

فرضیه‌های مختلفی در مورد نحوه عملکرد اسیدهای آلی در افزایش استفاده از مواد مغذی ارائه شده است که شامل موارد (۱) کاهش pH معده منجر به افزایش و فعال شدن پپسین، (۲) کاهش رژیم غذایی و pH روده است که ممکن است محلول‌سازی مواد معدنی افزایش یابد، (۳) به عنوان عوامل کلاته‌کننده که کاتیون‌های مختلف را در روده متصل می‌کند و منجر به افزایش جذب مواد معدنی می‌شود یا (۴) جلوگیری از افزایش و توسعه یافتن میکروب‌های مضر در روده که در غیر این صورت ممکن است از مواد مغذی مورد نیاز میزبان استفاده کند (Schoner., 2001; De Wet., 2005). گنجاندن اسیدهای آلی، مقدار pH غذا را کاهش می‌دهد و بنابراین از رشد میکروب‌های مضر نامطلوب در

هنگام ذخیره‌سازی و یا ترشح متابولیت‌های سمی (به ویژه مایکوتوکسین‌ها) تولید شده توسط قارچها جلوگیری می‌کند. به طور کلی بیان شده است که مصرف حتی مقدار کمی مایکوتوکسین از مواد خوراکی آلوده می‌تواند باعث ایجاد مشکلات جدی در تغذیه و بهداشت در طول دوره پرورشی، به ویژه در موجودات آبزی شود. بنابراین، اسیدی شدن باعث افزایش کیفیت بهداشتی غذا در هنگام نگهداری می‌شود. علاوه بر بهبود کیفیت بهداشتی غذا، اسیدهای آلی باعث کاهش ظرفیت بافر مواد اولیه غذایی می‌شوند. این عملکرد، به دلیل آن‌که pH بهینه روده را تضمین می‌کند، منجر به هضم بهتر غذا، به ویژه در مراحل اولیه زندگی موجودات می‌شود (Metzler and Mosenthin., 2007). در دستگاه گوارش، اسیدهای آلی از طریق دو مکانیسم اصلی تأثیرات خود را اعمال می‌کنند. در مرحله اول، pH داخل معده و احتمالاً روده کوچک را کاهش می‌دهد (Schoner., 2001) و ثانیا اینکه از طریق توانایی آن‌ها در مهار و از بین بردن باکتری‌های مضر می‌باشد. در موجودات خشکی‌زی، افزودن اسیدهای آلی pH معده را کاهش می‌دهد که باعث فعالیت آنزیم پروتئولیتیک می‌شود، در نتیجه قابلیت هضم پروتئین و عملکرد موجودات را افزایش می‌دهد (Roth and Kirchgessner., 1998; Dibner and Buttin., 2002). علاوه بر این، اسیدهای آلی اضافه شده در غذاها ممکن است سرعت تخلیه معده را کاهش دهند، بنابراین امکان هیدرولیز کارآمدتر پروتئین‌ها و جذب مواد مغذی در روده کوچک را فراهم می‌کند. این اثرات به طور کلی در موجودات جوان که ترشح آنزیم لوزالمعده و تولید اسیدکلریدریک در مقایسه با موجودات بالغ کم می‌باشد، بارزتر است (Freitag., 2007). یکی دیگر از روش‌های ممکن اسیدهای آلی در افزایش در دسترس بودن مواد مغذی، از طریق تحریک مستقیم فعالیت تکثیر مخاط در دستگاه گوارش است (Tappenden and McBurney., 1998).

در نهایت، بهبود استفاده از مواد مغذی، نیز ممکن است به دلیل فعالیت ضدمیکروبی قوی اسیدهای آلی باشد، که می‌تواند از توسعه میکروب‌های مضر در دستگاه گوارش جلوگیری کند (Kluge et al., 2006). نتیجه مثبت کاهش تعداد میکروب‌های مضر، روده سالم‌تری است و مواد مغذی که ممکن است توسط میکروب‌ها استفاده شود، اکنون در دسترس میزبان قرارگرفته و در مصرف غذا نیز صرفه جویی می‌شود. کاهش رقابت بین میکروب‌ها و میزبان، برای بدست آوردن مواد مغذی، یکی از مکانیزم‌های بهبود استفاده از مواد مغذی است (Partanen and Mroz., 1999; Dibner and Buttin., 2002; Adil et al., 2010). همچنین در مطالعه ای که بر روی ماهی هامور غول پیکر انجام شده، مشخص گردید که بعد از تغذیه ۸ هفته‌ای با جیره غذایی حاوی ۱٪ اسیدهای آلی بوتیرات و لاکتات، میزان هضم ماده خشک، لیپید، مس، روی، کلسیم و فسفر نسبت به ماهیان تغذیه شده با جیره فاقد اسیدهای آلی، بیشتر بود (Lin et al., 2017). بررسی فاکتورهای خونی و ترکیب بدنی ماهی شانک‌زردباله (*Acanthopagrus latus*) تغذیه شده به مدت ۸ هفته با جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف نمک اسیدهای آلی شامل سدیم‌استات و سدیم پروپیونات در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره فاقد اسیدهای آمینه و غنی از پروتئین گیاهی نشان داد که وزن نهایی در ماهیان تغذیه شده با سطوح ۵ و ۱۰ گرم در کیلوگرم سدیم پروپیونات و جیره غذایی شامل دو نمک اسیدهای آلی، در مقایسه با گروه کنترل بیشتر بود. همچنین بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی مربوط به گروه کنترل (۱/۷۱) و کمترین ضریب، مربوط به ماهیان تغذیه شده با سدیم‌پروپیونات ۵ گرم در کیلوگرم (۱/۹۱) می‌باشد. همچنین میزان فاکتورهای خونی در تیمارهای تغذیه شده با نمک‌های اسیدهای آلی نسبت به گروه شاهد بیشتر بود (Sangari et al., 2021).

راهکارهایی برای افزایش کارایی اسیدهای آلی در جیره ماهیان دریایی

درک کامل از نحوه عملکرد ضدباکتریایی اسیدهای آلی در طراحی استراتژی‌ها برای افزایش کارایی اسیدهای آلی در جیره و تغذیه آبزیان، محوری است. هنگام استفاده از این مواد افزودنی خوراکی در تغذیه باید استراتژی‌هایی برای کاهش خوردگی، شستشو و تفکیک اسیدهای آلی در نظر گرفته شود و با تبدیل آن‌ها به نمک‌های طبیعی مانند نمک‌های پتاسیم، سدیم و کلسیم، می‌توان از خوردگی اسیدهای آلی آزاد کاسته و یا از آن‌ها جلوگیری کرد. به عنوان مثال، پتاسیم‌دی‌فرمات تجاری، یک اسید دو نمکی اسید فرمیک و فرمت متصل به پتاسیم است و با موفقیت در خوراک چندین موجود آبزی آزمایش شده است. نمک-های اسید آلی همچنین در مقایسه با فرم اسید آزاد مربوطه، بوی تند و نابودی در مرحله تبخیر، در طی پلت‌سازی و ذخیره‌سازی محصول را کاهش می‌دهند. همچنین برای کاهش خورندگی و افزایش سهولت اختلاط با سایر مواد غذایی، می‌توان اسیدهای آلی آزاد را بر روی یک حامل بی‌اثر جامد قرار داد. با پردازش اسیدهای آلی مایع به شکل پودر، بسته بندی، ذخیره‌سازی و حمل و نقل آن‌ها نیز راحت‌تر و امکان پذیرتر می‌شود. مواد حامل بر اساس توانایی آن‌ها در اطمینان از بار زیاد اسید جذب شده بر روی ذرات حامل انتخاب می‌شوند. از مواد حامل ویژه گاهی اوقات برای اطمینان از آزاد شدن اسیدهای آلی آزاد در سراسر روده برای اثربخشی ضدمیکروبی استفاده می‌شود (Ng and Koh., 2017).

وقتی بخشی از اسید آزاد به شکل نمک آن باشد، اثر بخشی یک اسید آلی را می‌توان حفظ کرد. برای افزایش کارایی اسیدهای آلی در رژیم غذایی، طیف جدیدی از اسیدهای آلی به نام اسیدهای آلی پوشش داده شده یا میکروکپسوله شده ایجاد شده است. غیر از افزایش سهولت استفاده و از بین بردن خورندگی، کپسول‌زدایی مانع از بین رفتن اسیدهای آلی محلول می‌شود. این برای حیوانات آبزی، خصوصاً برای سخت پوستان مانند میگوها به علت عادت غذایی که دارند، مهم است (Piva et al., 2007).

نتیجه گیری و چشم اندازها

در حال حاضر علاقه زیادی به استفاده تجاری از اسیدهای آلی در تغذیه‌های آبزیان وجود دارد تا عملکرد رشد و کنترل بیماری افزایش یابد. همانطور که از تحقیقات بررسی شده مشخص است، بسیاری از مطالعات گزارش کرده‌اند که اسیدهای آلی، نمک یا مخلوط آن‌ها می‌تواند رشد، استفاده از خوراک، سلامت روده و مقاومت در برابر بیماری را در حیوانات آبزی بهبود بخشد. با این وجود، علی رغم بهبودی و ارتقای گزارش شده از در دسترس بودن مواد مغذی رژیم-های غذایی حاوی اسیدهای آلی در اکثر مطالعات، نتایج متناقضی برای اثرات تقویت رشد گزارش شده است که به نظر می‌رسد به گونه‌های آبزیان و یا نوع و دوز اسیدهای آلی آزمایش شده بستگی دارد. کاهش دفع فسفر و نیتروژن به دلیل بهبود استفاده از مواد معدنی به عنوان یک نتیجه از اسیدی شدن رژیم غذایی است. همچنین فرموله‌سازی با اسیدهای آلی، خوراک‌های سازگار با محیط زیست را تا حد زیادی تقویت می‌کند. کاهش بار میکروبی مواد مدفوع دفع شده از ماهیان دریایی که از غذاهای مکمل اسیدهای آلی تغذیه می‌کنند، باعث بهبودی و افزایش کیفیت شرایط پرورشی ماهی در مخازن آب و سیستم‌های مدار بسته می-شود. به طور فزاینده‌ای، شواهد علمی در مورد تأثیرات مثبت اسیدهای آلی رژیم غذایی بر سلامت ماهیان دریایی جمع‌آوری و در حال افزایش می‌باشد، که مقاومت آنها را در برابر عوامل بیماری‌زا افزایش می‌دهد، امروزه در صنعت آبزی پروری مشاهده می‌شود و نیز این بدان معنی است که نتایج تحقیقات در مورد موفقیت یا عدم موفقیت در استفاده از اسیدهای آلی در یک مطالعه ممکن است در مورد سایر گونه‌های آبزیان که تحت شرایط مختلف، پرورش داده شده‌اند، قابل استفاده نباشد. بر اساس تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است، به نظر می‌رسد اسیدهای آلی می‌توانند جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌ها در پرورش آبزیان باشند.

منابع

AALAMIFAR, H., SOLTANIAN, S., VAZIRZADEH, A., AKHLAGHI, M., MORSHEDI, V., GHOLAMHOSSEINI, A. & TORFI MOZANZADEH, M. 2020. Dietary butyric acid improved growth, digestive enzyme activities and humoral immune parameters in Barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, *26*(1), 156-164.

ABDEL-MOHSEN, H.H., WASSEF, E.A., EL-BERMAWY, N.M., ABDEL-MEGUID, N.E., SALEH, N.E., BARAKAT, K.M. & SHALTOUT, O.E. 2018. Advantageous effects of dietary butyrate on growth, immunity response, intestinal microbiota and histomorphology of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) fry. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 22*(4), 93-110.

ABU ELALA, N. & RAGAA, N. 2015. Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. *Journal of Advanced Research*, 6, 621-629.

ADIL, S., BANDY, T., BHAT, G.A., MIR, M.S. & REHMAN, M. 2010. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Veterinary Medicine International*, 2010, 479-485.

BOOTH, I.R. & STRATFORD, M. 2003. Acidulants and low pH. In: Russell NJ, Gould GW (eds) Food Preservatives 25–47. *Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York*.

BRUL, S. & COOTE, P. 1999. Preservative agents in foods: mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*, 50, 1–17.

CASTILLO, S., ROSALES, M., POHLENZ, C., 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.

CHERRINGTON, C.A., HINTON, M., MEAD, G.C. & CHOPRA, I .1991. Organic acids: Chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Advances in Microbiology and Physiology*, 32, 87–108.

CUMMINGS, J.H., POMARE, E.W., BRANCH, W.J., NAYLOR, C.P.E. & MACFARLANE, G.T. 1987. Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic, and venous blood, *Gut* 28, 1221–1227.

DEFOIRDT, T., BOON, N., SORGELOOS, P., VERSTRAETE, W. & BOSSIER, P. 2009. Short-chain fatty acids & poly-bhydroxyalkanoates: (New) Biocontrol agents for a sustainable animal production. *Biotechnology Advances*, 27, 680–685.

DIBNER, J.J, BUTTIN, P. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, 11, 453–463.

FAGGIO, C., FAZIO, F., MARAFIOTI, S., ARFUSO, F. AND PICCIONE, G. 2015. Oral administration of Gum Arabic: effects on haematological parameters and oxidative stress markers in *Mugil cephalus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14: 60–72.

FAO. 2021. The state of world fisheries and aquaculture. *FAO, Rome*.

FREITAG, M. 2007. Organic acids and salts promote performance and health in animal husbandry. In: C. Lückstädt (ed) Acidifiers in Animal Nutrition: A Guide for Feed Preservation and Acidification to Promote Animal Performance, *Nottingham University Press, Nottingham* 1–11.

JONES, D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere–a critical review. *Plant and Soil*, 205, 25–44.

KATYA, K., PARK, G., BHARADWAJ, A.S., BROWDY, C.L., VAZQUEZ-ANON, M. & BAI, S.C. 2018. Organic acids blend as dietary antibiotic replacer in marine fish olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Research*, *49*(8), 2861-2868.

KLUGE, H., BROZ, J. & EDER, K .2006. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90, 316–324.

LAMBERT, R.J. & STRATFORD, M., 1999. Weak-acid preservatives: modelling microbial inhibition and response. *Journal of applied microbiology*, 86(1), 157-164.

LAYDEN, B.T., ANGUEIRA, A.R., BRODSKY, M., DURAI, V. & LOWE, W.L.J.R. 2013. Short chain fatty acids and their receptors: new metabolic targets. *Translational Research*, 161, 131–140.

LI, P., LEWIS, D. H., & GATLIN, D. M. 2004. Dietary oligonucleotides from yeast RNA influence immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops*× *Morone saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Fish and shellfish immunology*, 16(5), 561-569.

LIN, Y.H. & CHENG, M.Y. 2017. Effects of dietary organic acid supplementation on the growth, nutrient digestibility and intestinal histology of the giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fed a diet with soybean meal. *Aquaculture*, 469, 106-111.

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.

MACFARLANE, S. & MACFARLANE, G.T. 2003. Regulation of short-chain fatty acid production. *Proceedings of Nutritional Society*, 62, 67–72.

METZLER, B. & MOSENTHIN, R. 2007. Effects of organic acids on growth performance and nutrient digestibility in pigs. In: Luckstadt C (ed) Acidifiers in Animal Nutrition- A Guide for Feed Preservation and Acidification to Promote Animal Performance. 39–54. *Nottingham University Press, Nottingham*.

MOHAMADI SAEI, M., BEIRANVAND, K., MANSOURI TAEE, H., NEKOUBIN, H. 2016. Effects of different levels of BioAcid Ultra on growth performance, survival, hematological and biochemical parameters of fingerlings rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture Research and Development*, 7, 1-5.

NG, W.K., KOH, C.B., SUDESH, K. & SITI-ZAHRAH, A. 2009. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp*., and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture Research*, 40, 1490–1500.

NG, W.K. & KOH, C.B. 2011. Application of organic acids in aquafeeds: impacts on fish growth, nutrient utilization and disease resistance. In: C. Lückstädt (ed.) Standards for Acidifiers –Principles for the Use of Organic Acids in Animal Nutrition. Proceeding of the 1st *International Acidifier Summit*. 49–58. *Nottingham University Press, Nottingham*.

NG, W.K. & KOH, C.B. 2017. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 9(4), 342-368.

NRC. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. *National Academies Press, Washington, D.C.,* 376.

PARK, G.H, LEE, J.H., YUN, H.H., BROWDY, C.L., BHARADWAJ, A.S. & BAI, S.C.C. 2011. Effects of two different organic acid blends in *olive flounder*. *Korean Journal of Organic Agriculture*, 19, 39–42.

PARTANEN, K.H. & MROZ, Z. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*,12, 117– 145.

PIVA, A., PIZZAMIGLIO, V., MORLACCHINI, M., TEDESCHI, M. & PIVA G. 2007. Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. *Journal of Animal Science*, 85, 486–493.

RIOS-COVIAN, D., GONZÁLEZ, S., NOGACKA, A.M., ARBOLEYA, S., SALAZAR, N., GUEIMONDE, M. & DE LOS REYES-GAVILÁN, C.G. 2020. An overview on fecal branched short-chain fatty acids along human life and as related with body mass index: associated dietary and anthropometric factors. *Frontiers in* microbiology, 11(973), 1- 9.

ROTH, F.X. & KIRCHGESSNER, M. 1998. Organic acids as feed additives for young pigs: Nutritional and gastrointestinal effects. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 7, 25–33.

SAFAMEHR, A.R., CHAVOOSHI, F., & NOBAKHT, A. 2017. The effects of *Saturea* and *Thyme* medicinal plants with or without enzyme on performance, blood parameters in broiler chickens. *Research on Animal Production*, 8, 70-78.

SANGARI, M., SOTOUDEH, E., BAGHERI, D., MORAMMAZI, S. & MOZANZADEH, M.T. 2021. Growth, body composition, and hematology of yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) given feeds supplemented with organic acid salts (sodium acetate and sodium propionate). *Aquaculture International*, 29(1), 261-273.

SCHONER, F.J. 2001. Nutritional effects of organic acids. In: Brufau, J (ed.) Feed Manufacturing in the Mediterranean region. Improving Safety: from Feed to Food. Proceedings of the III Conference of Feed Manufacturers of the Mediterranean 55–61. *CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, Spain.*

SILVA, B.C., VIEIRA, F.N., MOURINO, J.L.P., FERREIRA, G.S. & SEIFFERT, W.Q. 2013. Salts of organic acids selection by multiple characteristics for marine shrimp nutrition. *Aquaculture*, 384–387, 104–110.

SILVA, B.C., VIEIRA, F.N., MOURINO, J.L.P., BOLIVAR, N. & SEIFFERT, W.Q .2016. Butyrate and propionate improve the growth performance of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 47, 612–623.

STRATFORD, M. & EKLUND, T. 2003. Organic acids and esters. In: Russell NJ, *Gould GW (eds) Food Preservatives* 48 - 84. *Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York*.

SUBRAMANIAN, D., JANG, Y.H., KIM, D.H., KANG, B.J. & HEO, M. S. 2013. Dietary effect of *Rubus coreanu* ethanolic extract on immune gene expression in white leg shrimp, *Penaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 35, 808–814.

TAPPENDEN, K.A. & MCBURNEY, M.I. 1998. Systemic short-chain fatty acids rapidly alter gastrointestinal structure, function, and expression of early response genes. *Digestive Diseases and Sciences*, 43, 1526–1536.

WASSEF, E.A., ABDEL-MOMEN, S.A.G., SALEH, N.E.S., AL-ZAYAT, A.M. & ASHRY, A.M. 2017. Is sodium diformate a beneficial feed supplement for European seabass (*Dicentrarchus labrax*)? Effect on growth performance and health status. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* ,43(3), 229-234.

DE WET, L. 2005. Organic acids as performance enhancers. *AquaFeeds: Formulation and Beyond*, 2, 12–14.

WONGSASAK, U., CHAIJAMRUS, S., KUMKHONG, S. & BOONANUNTANASARN, S.2015. Effects of dietary supplementation with b-glucan and synbiotics on immune gene expression and immune parameters under ammonia stress in *Pacific white shrimp*. *Aquaculture*, 436, 179– 187.

Investigation of the function of organic acids on marine fish

Zoheiri, F* and Hoseinifar, S. H

Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

*Corresponding Fazel_ zoheiri1991@yahoo.com

Abstract

The use of antibiotics in the diet of farmed aquatic organisms is done to reduce infectious diseases or enhance growth function. in recent years, the preventive use of antibiotics has been criticized, which has ultimately led to a ban on the production and breeding of farmed organisms by many countries. given the current limitations on antibiotic use, there is a fundamental need to evaluate options. organic acids or their salts, a potential alternative to preventing the overuse and promotion of antibiotics as well as dietary supplements and antimicrobials, have recently been considered by many researchers and breeders. this study emphasizes the effects of organic acids on growth, use as nutrients, availability of minerals, improvement of int/stinal flora and disease resistance in marine fish. Many studies have reported that some organic acids can significantly increase the growth performance and health of fish, and these results, depending on the aquatic species, the type and concentration of organic acids and the conditions of the farming environment use depends.

Keywords: Organic acids, sustainable aquaculture, growth performance, immune response.