تغــذیه آبزیــان
سال پنجم، شماره دوم،
پاییز و زمستان ۱۳۹۸

شاخص های رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و جمعیت لاکتوباسیلوس‌های روده بچه ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus* Houttuyn, 1782) تغذیه شده با جیره های حاوی سیترات سدیم

ابراهیم ستوده*[۱،۲]، میلاد دهقانی[۱]، سینا سقایی[۱]، افسانه اسماعیلی[۲]، اسما احمدی[۲]
۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر
۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲۹

چکیده
در این مطالعه، اثرات تغذیه‌ای سیترات سدیم بر برخی شاخص‌های رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و جمعیت لاکتوباسیلوس روده بچه ماهیان شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) با وزن متوسط ۰/۲ ± ۶/۵ گرم در مدت ۸ هفته بررسی شد. به سه جیره غذایی حاوی پروتئین و چربی یکسان که در آن‌ها آرد ماهی با آردهای گیاهی جایگزین شده بود، سطوح صفر (شاهد)، ۵ (SC_5) و ۱۰ (SC_{10}) گرم در کیلوگرم سیترات سدیم افزوده شد. در پایان مطالعه، نتایج نشان داد که شاخص‌های میانگین وزن نهایی و افزایش وزن بچه‌ماهیان گروه‌های تغذیه شده با سیترات سدیم نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌دار بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). میزان بازماندگی همه گروه‌های آزمایشی ۱۰۰٪ بود. جمعیت لاکتوباسیلوس‌های روده گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیترات سدیم نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌دار بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و سوپراکسیداز دیسموتاز در بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار نشان نداد ($p>۰/۰۵$)، در حالی که میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای آزمایشی حاوی سیترات سدیم به‌طور معنی‌دار بیش از گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). شاخص محصولات اکسیداسیون چربی، مالون دی آلدئید کبد بچه ماهیان گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۵ و ۱۰٪ سیترات سدیم نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). به‌طور کلی، نتایج این بررسی نشان داد که افزودن ۵ گرم سیترات سدیم در کیلوگرم جیره موجب بهبود عملکرد رشد، وضعیت اکسیداسیون و جمعیت لاکتوباسیلوس‌های روده بچه‌ماهی شانک زرد باله می‌شود.

کلمات کلیدی: سیترات سدیم، شانک زرد باله، آنزیم‌های وضعیت آنتی اکسیدانی، لاکتوباسیلوس، کارایی غذایی

نویسنده مسئول: e.sotoudeh@pgu.ac.ir

مقدمه

ماهی شانک زردباله *Acanthopagrus latus* از خانواده شانک ماهیان[1] و از گونه‌های تجاری خلیج فارس است که به دما و شوری بالا مقاوم و زیست‌فناوری تکثیر آن در دسترس و دارای توان بالقوه بالایی برای پرورش در ایران است. علاوه بر خلیج فارس، در نواحی گرم و ساحلی، استرالیا، جنوب ژاپن، جنوب شرقی چین، تایوان، جنوب شرقی آسیا و استرالیا پراکنش دارد (Vahabnezhad et al. 2017). ماهی شانک زرد باله به لحاظ صیادی و آبزی‌پروری دارای اهمیت تجاری و اقتصادی در کشورهای آسیای شرقی و حاشیه خلیج‌فارس است.

افزایش روزافزون جمعیت و توان بالقوه بالای آبزی‌پروری، این صنعت را به سوی تراکم بالا سوق می‌دهد. عامل محدود کننده مهم در افزایش تراکم در صنعت آبزی‌پروری، بیماری است و در پاسخ، اعتماد زیادی به آنتی‌بیوتیک‌ها برای درمان بیماری یا در دوزهای پایین‌تر به عنوان یک پیشگیری‌کننده و افزاینده رشد به‌خصوص در آسیا وجود دارد (Hernandez-Serrano, 2005). با وجود این، تحقیقات روزافزون نشان داده‌اند که استفاده بیش از حد از آنتی‌بیوتیک‌ها می‌تواند منجر به عواقب جانبی مانند ایجاد باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک شود که ممکن است برای موجود میزبان، محیط‌زیست و به‌طور بالقوه برای مصرف کنندگان انسانی مضر باشد (Kümmerer, 2009; Marshall and Levy, 2011). در بین مکمل‌های افزودنی، اسیدهای آلی جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها معرفی شده‌اند (Ceylan and Ciftci, 2002). اسیدهای آلی مانند فرمیک، پروپیونیک، استیک، بوتریک، سیتریک، لاکتیک، مالیک و اسیدهای سوربیک و نمک آن‌ها ترکیبات گیاهی و حیوانی هستند و به عنوان عامل اسیدی کننده در صنعت خوراک دام و آبزیان استفاده می شوند (Lim et al. 2015). پس از استفاده موفقیت‌آمیز از اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها در پرورش خوک و مرغ، در پرورش ماهی نیز از آنها استفاده شده است (Defoirdt et al. 2009). استفاده از اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها در خوراک آبزیان باعث تحریک رشد، بهبود وضعیت سلامتی و تعدیل مقاومت به بیماری می‌شود و کیفیت خوراک را افزایش می‌دهد (Ng and Koh, 2011). ترکیبات اسیدی‌کننده به عنوان تسهیل‌کننده رشد در آبزیان شناخته شده‌اند (Baruah et al. 2007). مکمل غذایی لاکتات سدیم به‌طور معنی‌دار باعث بهبود رشد آزاد ماهی *Salvelinus alpinus* شده که به نظر می‌رسد به‌دلیل افزایش قابلیت هضم مواد مغذی در اثر استفاده از این ماده باشد (Ringo, 1991). همچنین، جیره غذایی حاوی اسید سیتریک موجب بهبود عملکرد رشد کپور هندی (*Labeo rohita*) شده است (Baruah et al. 2005). اسیدی‌کننده‌ها باعث کاهش pH در دستگاه گوارش، افزایش هیدرولیز فیتات، کاهش زمان تخلیه دستگاه گوارش، افزایش فعالیت آنزیم پپسین، بهبود ابقای نیتروژن، افزایش هضم مواد مغذی و بهبود جذب مواد معدنی می‌شوند (Wood and Serfaty-Lacrosniere, 1992: Overland et al. 2000) و رشد باکتری‌های بیماری‌زای گرم منفی را کاهش می‌دهند (Luckstadt, 2008).

از ترکیبات اسیدی‌کننده به عنوان ماده نگهدارنده در جیره‌های غذایی حیوانات و ماهی‌ها نیز استفاده شده است (Kemp, 2008). همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهد که این مواد از رشد میکروب‌های بیماری‌زا و جذب متابولیت‌های آن‌ها توسط موجودات پرورشی نیز جلوگیری می‌کنند (Malicki et al. 2004; Freitag, 2007; Luckstadt, 2008; Ng et al. 2009). Sugiura و همکاران (۱۹۹۸) دریافتند که با افزودن مکمل اسید فرمیک در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، میزان منیزیم و کلسیم در آرد ماهی افزایش می‌یابد. از نمک اسیدهای آلی نیز به‌طور موفقیت‌آمیزی در پرورش ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) استفاده شده است (Petkam et al. 2008; Ng et al. 2009; Zhou et al. 2009). Ramli و همکاران (۲۰۰۵) تیلاپیا را با مکمل دی فرمیت پتاسیم تغذیه و سپس با *Vibrio anguillarum* مواجه کردند که در پایان مصرف خوراک، ضریب کارایی پروتئین و بقا در برابر این عامل بیماری‌زا افزایش یافت. علاوه بر این، اسیدهای آلی مانند بوتیرات با تأمین انرژی برای سلول‌ها، از توان بالقوه بالایی برای تحریک رشد سلول‌های پوششی روده برخوردار

1- Sparidae

هستند (Roediger, 1980). در مطالعات بسیاری اثبات شده است که مکمل اسید سیتریک باعث افزایش رشد و بهره‌وری از مواد مغذی در گونه‌های مختلفی از جمله کپور روهو (*Labeo rohita*) (Baruah et al. 2007)، سیم دریایی (*Pagrus major*)، فیل ماهی (*Huso huso*) (Khajepour and Hosseini, 2012)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Hernández et al. 2012)، دم زرد ژاپنی (*Seriola quinqueradiata*) (Sarker et al. 2012)، طبلک ماهی سرخ (*Sciaenops ocellatus*) (Castillo et al. 2014) و گربه ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Zhu et al. 2015) می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی اثر سیترات سدیم جیره بر برخی از شاخص‌های رشد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و جمعیت لاکتوباسیلوس‌های روده ماهی شانک زردباله است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سالن آبزیان دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس انجام شد. برای این کار ۲۰۰ قطعه بچه ماهی شانک زردباله با وزن اولیه و تقریبی ۶/۵ گرم از بندر امام خمینی (ره) خریداری و تا شروع آزمایش در مخازن فایبرگلاس ۲۰۰ لیتری به مدت دو هفته به منظور سازگاری، نگهداری شدند. پس از پایان دوره سازگاری، بچه ماهیان در ۹ تانک با تراکم ۱۰ قطعه بچه ماهی در ۶۰ لیتر در قالب طرح کاملاً تصادفی توزیع شدند. غذادهی ماهیان روزانه به‌صورت دستی در دو نوبت با فاصله زمانی مناسب (۱۰:۰۰ و ۱۶:۰۰) و در حد سیری ماهیان انجام شد. هر روز قبل از اولین وعده غذایی، آب مخازن به میزان حداقل ۳۰٪ سیفون و تعویض شد. شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب شامل دما، اکسیژن و pH به‌صورت روزانه اندازه‌گیری شدند. میانگین دمای آب ۰/۵ ± ۲۲ درجه سانتی‌گراد، میانگین شوری ۰/۲ ± ۱۰ قسمت در هزار و میانگین pH ۰/۵ ± ۷/۵ ثبت شد. این آزمایش در یک سالن سرپوشیده و با شرایط دوره نوری طبیعی ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی انجام شد.

طراحی آزمایش و ساخت جیره‌ها

در این بررسی از ۳ تیمار غذایی با ۳ تکرار و سطوح افزودنی صفر (شاهد)، ۵ (SC_5) و ۱۰ (SC_{10}) گرم سیترات سدیم (Sodium citrate; Sigma 71497) در هر کیلوگرم جیره غذایی استفاده شد. آرد ماهی، سویا، آرد گندم، گلوتن ذرت و گلوتن گندم به عنوان منابع پروتئینی استفاده شدند. ابتدا جیره‌های آزمایشی با سطح پروتئین (۴۸٪) و چربی (۱۲٪) یکسان با نرم افزار جیره نویسی لیندو فرموله شده و سپس ترکیبات خشک و روغن‌ها بر اساس جدول ۱ توزین شدند. در ادامه، مقدار کافی آب به ترکیبات خشک اضافه شد و پلت‌های غذایی با اندازه مناسب تولید شد (Morshedi et al. 2018). برای خشک کردن پلت‌های تولید شده از دستگاه خشک‌کن با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. بعد از خشک شدن، پلت‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

در پایان آزمایش برای بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه، غذادهی ماهیان به مدت ۲۴ ساعت قطع شد. پس از بیهوشی (۲-فنوکسی اتانول با غلظت ۲۰۰ ppm) وزن (توسط ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم) تمام بچه ماهیان هر مخزن ثبت و شاخص‌های رشد با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن ثانویه (گرم) = افزایش وزن بدن

مقدار غذای مصرف شده (گرم) / افزایش وزن زیتوده (گرم) = (گرم/گرم) کارایی غذایی

پروتئین مصرفی (گرم) /وزن تر تولید شده (گرم) = (گرم/گرم) کارایی پروتئین

(تعداد ماهی‌ها در انتهای آزمایش/تعداد ماهی در شروع آزمایش) × ۱۰۰= (٪) بازماندگی

جدول ۱ ترکیبات مورد استفاده برای ساخت جیره‌های آزمایشی (بر حسب درصد).

ترکیبات اولیه	جیره‌های آزمایشی		
	شاهد	SC_5	SC_{10}
آرد ماهی[1]	۱۷	۱۷	۱۷
آرد سویا[1]	۴۰/۲	۴۰/۲	۴۰/۲
آرد گندم	۲	۲	۲
گلوتن ذرت	۱۶/۷	۱۶/۷	۱۶/۷
گلوتن گندم	۹	۹	۹
سیترات سدیم[2]	۰	۰/۵	۱
سلولز	۱	۰/۵	۰
روغن ماهی	۷	۷	۷
لسیتین سویا	۱	۱	۱
ماده معدنی	۱	۱	۱
مخلوط ویتامینی	۱	۱	۱
آنتی‌اکسیدان	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
روغن سویا	۲	۲	۲
متیونین	۰/۵	۰/۵	۰/۵
لیزین	۰/۵	۰/۵	۰/۵
دی کلسیم فسفات	۱	۱	۱
ترکیب شیمیایی (درصد وزن خشک)			
پروتئین	۴۸/۲۱	۴۸/۴۱	۴۸/۳۴
چربی	۱۲/۳۸	۱۲/۳۵	۱۲/۴۲
خاکستر	۹/۶۶	۹/۵۸	۹/۶۱
رطوبت	۱۰/۳	۱۰/۲	۱۰/۳
انرژی ناخالص* (kj/g)	۱۹/۶۲	۱۹/۶۵	۱۹/۶۳

۱- تهیه شده از کارخانه خوراک دام طیور و آبزیان ۲۱ بیضا، فارس

۲- سیترات سدیم (Sigma 71497)، شرکت مرک، آلمان

* انرژی (ناخالص) کل در هر گرم جیره از طریق حاصل‌ضرب مقدار انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۲۳/۶ kJ)، چربی (۳۹/۵ kJ) و کربوهیدرات (۱۷/۲ kJ) تعیین شد (NRC, 2011).

برای ارزیابی وضعیت آنتی‌اکسیدانی، فعالیت آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، کاتالاز (CAT) و سوپراکسیداز دیسموتاز (SOD) اندازه‌گیری شد. برای این کار، بافت‌های کبد ماهیان جداسازی شده و با وزن مساوی در داخل لوله‌های آزمایش حاوی بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مول با pH ۷ (حاوی EDTA، مونوفسفات پتاسیم و دی‌فسفات‌پتاسیم) با نسبت ۱:۵ (حجم:وزن) قرار داده شدند و بر روی یخ، توسط هموژنایزر (IKA، آلمان) با دور rpm ۲۵۰۰۰ به مدت ۶۰ ثانیه همگن شدند. عصاره به دست آمده پس از انتقال به درون میکروتیوپ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در دور g ۱۲۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از سانتریفیوژ یخچال‌دار (Hettich, Germany) سانتریفیوژ شد و سپس مایع رویی (بدون فاز چربی) جداسازی و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. گلوتاتیون پراکسیداز به روش Wendel و همکاران (۱۹۸۰) سنجش شد. در این روش گلوتاتیون احیاء توسط گلوتاتیون پراکسیداز به شکل گلوتاتیون اکسیدشده تبدیل می‌شود و سپس این

شکل، در حضور گلوتاتیون ردوکتاز و NADPH به شکل گلوتاتیون احیاء و NADPH به شکل $NADP^+$ تبدیل می‌شود. تغییرات جذب نوری در طول موج ۳۴۰ nm اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم CAT به دنبال کاهش جذب H_2O_2 با ضریب خاموشی (۳۹/۴ Mm/cm/L) به مدت ۱ دقیقه در ۲۴۰ nm طبق روش Chance و همکاران (۱۹۵۵) تعیین شد. فعالیت آنزیم SOD از طریق اسپکتوفتومتری (Unico UV-2100, USA) اندازه‌گیری شد (Giannopolitis and Rice, 1977). سنجش آنزیم SOD سرم خون نمونه‌ها با استفاده از روش Marklund and Marklund (۱۹۷۴) انجام شد. در این روش، با کاهش جذب نوری در دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر، میزان این کاهش را ارزیابی می‌کند. بر اساس سنجش انجام شده، یک واحد فعالیت آنزیمی SOD برابر است با مقدار آنزیمی که موجب مهار ۵۰ درصدی خوداکسایی (اتواکسیداسیون) پیروگالول شود. برای سنجش شاخص MDA یا سطح پراکسیداسیون چربی با استفاده از شاخص MDA از روش Ledwozyw و همکاران (۱۹۸۶) استفاده شد. سنجش مذکور بر اساس میزان مهار تیوباربیتوریک اسید توسط MDA موجود در سرم انجام می‌شود، به‌طوری که هر چقدر سطح MDA افزایش یابد میزان مهار بیشتر شده و رنگ کمتری در محلول تولید می‌شود. در نتیجه، جذب نوری نیز کاهش می‌یابد. در این روش نمونه‌ها در طول موج ۵۳۵ نانومتر قرائت شدند. افزایش MDA نشان‌دهنده وقوع فرآیند زنجیره‌ای پراکسیداسیون و آسیب سلولی است. برای بررسی وضعیت میکروبی روده ماهیان، در پایان دوره از هر تیمار به طور مجزا نمونه‌برداری انجام شد. برای این منظور روده ماهیان جدا و همگن شد. سپس، نمونه‌ها ۱۰ برابر رقیق شده و ۱۲۵ میکرولیتر از هر رقت بر روی پلیت حاوی محیط کشت آگار (Merck, Germany) کشت داده شدند. سپس پلیت‌های تهیه شده برای هر تیمار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز (Mahious et al. 2006) در گرمخانه قرار داده شدند. در نهایت، تعداد پرگنه باکتری‌های کشت شده بر اساس واحد Log CFU/g شمارش شدند (Rawling et al. 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

در پایان آزمایش از نرم افزار آماری SPSS ۱۸ برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov ارزیابی شد و از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA برای مقایسه کلی داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از پس‌آزمون Tukey با سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد.

نتایج

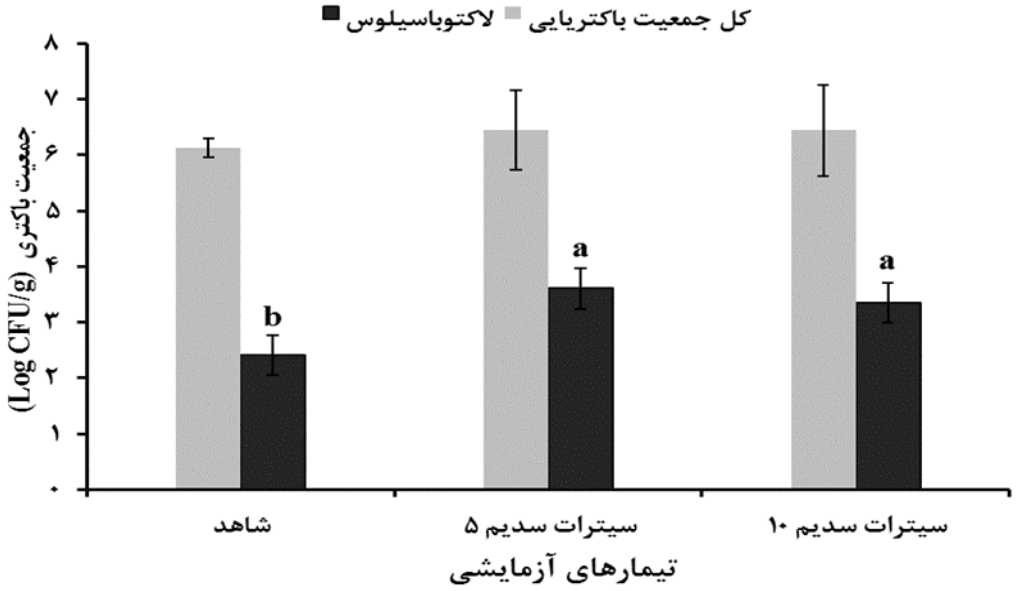
نتایج عملکرد رشد و تغذیه بچه ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با سیترات سدیم در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد شاخص‌های میانگین وزن نهایی و افزایش وزن بچه ماهیان گروه‌های تغذیه شده با سیترات سدیم نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی دار بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). کارایی غذایی بین گروه شاهد و تیمارهای حاوی سیترات سدیم اختلاف معنی‌دار نشان نداد ($p>۰/۰۵$). نتایج کارایی پروتئین نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و گروه شاهد نداشت ($p>۰/۰۵$). در طول دوره پرورش، تلفاتی در تیمارها و گروه شاهد دیده نشد و میزان بازماندگی در همه تیمارها ۱۰۰٪ به‌دست آمد ($p>۰/۰۵$). نتایج مربوط به میزان فعالیت آنزیم CAT بچه ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با جیره حاوی سیترات سدیم در شکل ۳ ارائه شده است. فعالیت این آنزیم در گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌دار نشان نداد ($p>۰/۰۵$). شکل ۱ نتایج ارزیابی کل جمعیت باکتریایی و لاکتوباسیلوس‌های روده بچه ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با سیترات سدیم را نشان می‌دهد. در پایان آزمایش، جمعیت کل باکتریایی روده در بین تیمارها و گروه شاهد اختلاف معنی‌دار نشان نداد ($p>۰/۰۵$). با وجود این، جمعیت لاکتوباسیلوس‌های روده در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$)، به طوری که جمعیت لاکتوباسیلوس-های روده در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیترات سدیم به طور معنی‌دار نسبت به گروه شاهد بالاتر بود ($p<۰/۰۵$). نتایج مربوط به میزان MDA بافت بچه-ماهیان شانک زردباله در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان MDA در گروه شاهد به‌طور معنی‌دار بالاتر از تیمارهای حاوی سیترات سدیم بود ($p<۰/۰۵$). فعالیت آنزیم GPX گروه‌های مختلف آزمایشی در شکل ۴ نشان داده شده است. اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و

تیمارها در میزان فعالیت آنزیم GPX مشاهده شد (p<۰/۰۵). میزان فعالیت این آنزیم در تیمارهای آزمایشی حاوی سیترات سدیم به‌طور معنی‌دار بیش از گروه شاهد بود (p<۰/۰۵). فعالیت آنزیم SOD بچه-ماهیان مورد آزمایش در شکل ۵ ارائه شده است. فعالیت این آنزیم در بین گروه‌های مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌دار نشان نداد (p>۰/۰۵).

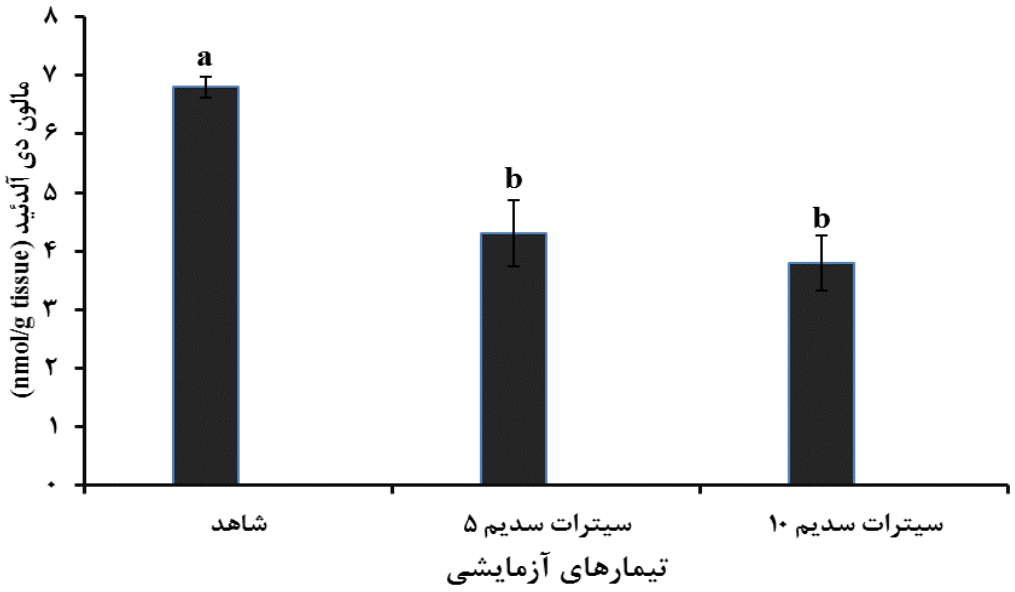
جدول ۲ برخی از شاخص‌های رشد و تغذیه بچه ماهیان شانک زرد باله تغذیه شده با جیره های حاوی سیترات سدیم (میانگین ± خطای استاندارد).

شاخص‌ها	تیمارهای مختلف		
	شاهد	SC5	SC10
وزن نهایی (گرم)	۱۱/۱۸ ± ۰/۹۱[b]	۱۳/۸۶ ± ۰/۹۲[a]	۱۳/۶۵ ± ۱/۲[a]
افزایش وزن (گرم)	۴/۶۸ ± ۰/۵۲[b]	۷/۳۶ ± ۰/۵۳[a]	۷/۱۵ ± ۰/۷۰[a]
کارایی غذا (گرم/گرم)	۱/۱۸ ± ۰/۰۵[a]	۱/۳۸ ± ۰/۰۲[a]	۱/۲۴ ± ۰/۰۶[a]
کارایی پروتئین (گرم/گرم)	۱/۱۸ ± ۰/۰۵[a]	۱/۳۸ ± ۰/۰۱[a]	۱/۲۴ ± ۰/۰۶[a]
بازماندگی (٪)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

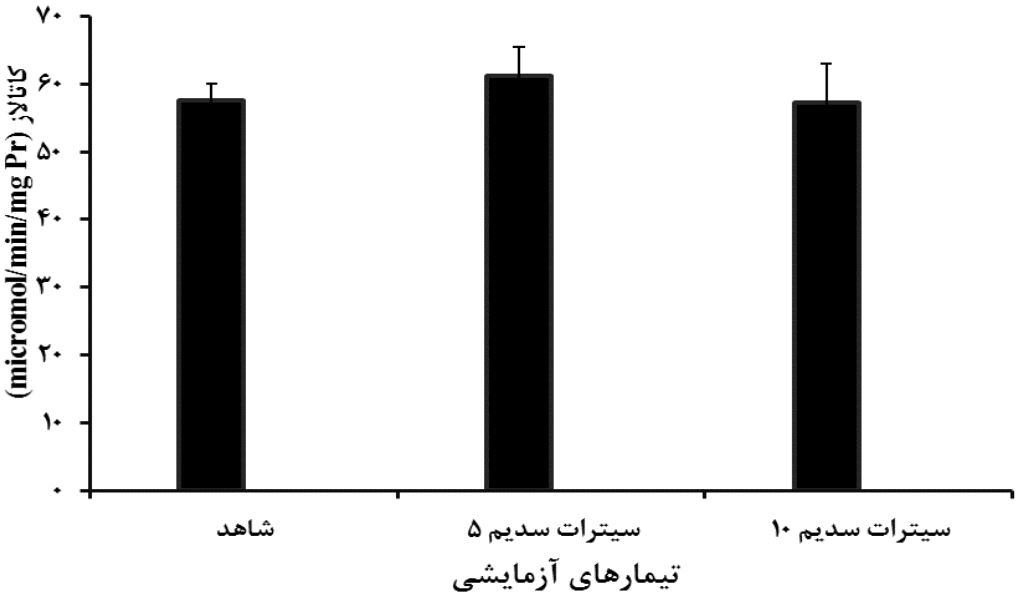
حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).



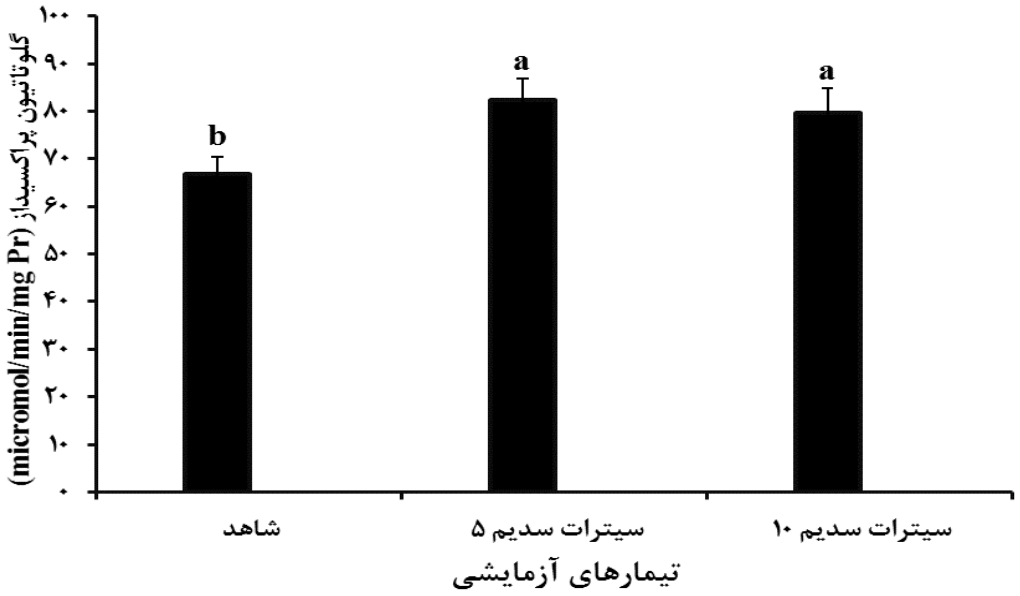
شکل ۱ جمعیت کل باکتریایی و لاکتوباسیلوس‌های روده بچه‌ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی. حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).



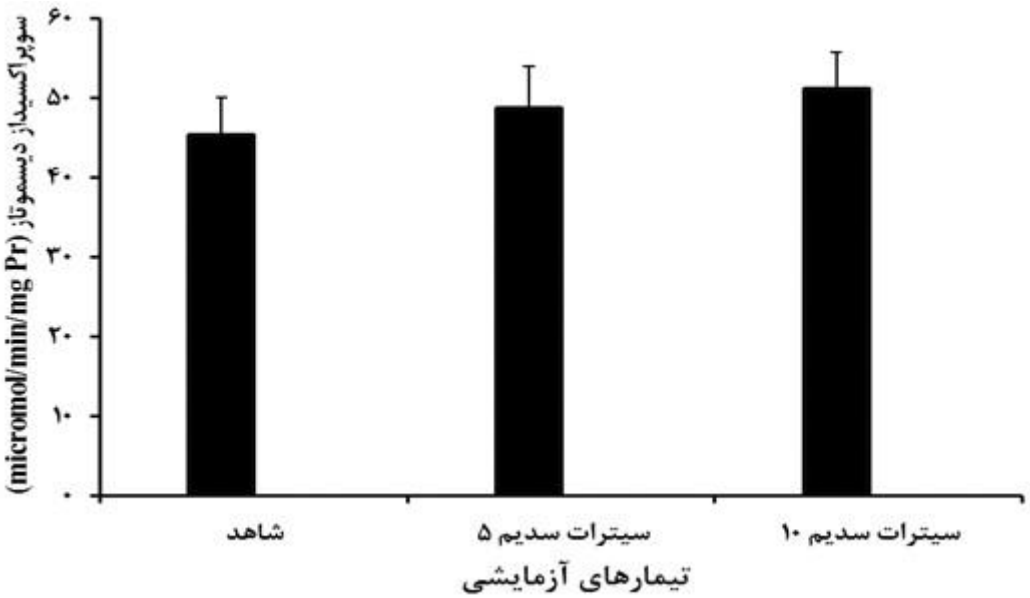
شکل ۲ میزان مالون‌آلدئید بچه ماهیان شانک زرده باله تغذیه شده با جیره های آزمایشی. حروف انگلیسی غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).



شکل ۳ فعالیت آنزیم کاتالاز بچه‌ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی



شکل ۴ فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز بچه‌ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی. حروف انگلیسی غیرمشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است (p<۰/۰۵).



شکل ۵ فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز بچه ماهیان شانک زردباله تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی.

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد استفاده از سیترات سدیم در جیره غذایی بچه ماهیان شانک زردباله باعث افزایش وزن و رشد می‌شود. مطالعات زیاد نشان داده‌اند که مکمل غذایی اسید سیتریک یا سدیم سیترات تأثیر مفیدی بر رشد گونه‌های مختلف داشته است (Baruah et al. 2007; Castillo et al. 2014; Hernández et al. 2012; Khajepour and Hosseini, 2012; Sarker et al. 2012;. Hossain et al. 2007; Zhu et al. 2015). یکی از دلایل این تأثیرات مثبت بر رشد، استفاده بیشتر از مواد مغذی، به ویژه مواد معدنی مانند فسفر عنوان شده است (Baruah et al. 2007; Khajepour and Hosseini, 2012; Castillo et al. 2014). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در تحقیق Silva و همکاران (۲۰۱۵) سیترات سدیم تأثیری بر رشد میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) نداشت. همچنین، استفاده از مکمل اسیدهای آلی و یا نمک‌های آن‌ها هیچ اثر قابل توجهی بر عملکرد رشد میگوی ببری

(*Penaeus monodon*) (Ng et al. 2015) و تیلاپیای هیبرید (*Oreochromis niloticus*× *Oreochromis aureus*) (Ng et al. 2009) نداشت. با وجود این، مقایسه این گزارش‌ها ممکن است گمراه کننده باشد، زیرا تفاوت در انواع و غلظت اسیدهای آلی و یا نمک‌های مورد استفاده آن‌ها در این آزمایش‌ها، گونه ماهی، سن و شرایط پرورش می‌توانند عوامل متغیر دیگری باشند که در تفاوت نتایج مؤثر باشند.

آنزیم‌های SOD و CAT و GPX نقشی کلیدی در خنثی سازی گونه‌های اکسیژن فعال دارند (Reyes-Becerril et al. 2008). حذف یون O^{-2} بسیار واکنش‌پذیر به H_2O_2 کمتر واکنش‌پذیر توسط SOD کاتالیز می‌شود و یکی از اصلی‌ترین مکانیسم دفاعی آنتی-اکسیدانی در برابر استرس اکسیداتیو است (Fridovich, 1995). CAT آنزیمی آنتی‌اکسیدانی است که قادر به تجزیه H_2O_2 به اکسیژن و آب است. بنابراین، CAT یکی از آنزیم‌های ضروری برای دستگاه دفاعی زیستی موجودات زنده در نظر گرفته می‌شود (Yin et al. 2014). در این تحقیق سیترات سدیم تأثیر معنی‌داری بر میزان CAT و SOD کبد بچه ماهیان شانک زردباله نداشت. نتیجه مشابهی در استفاده از اسید کافئیک در جیره تیلاپیای نیل مشاهده شد و این اسید تأثیری بر آنزیم SOD نداشت (Yilmaz, 2019). همچنین، در تحقیقی دیگر، فعالیت SOD کبد تحت تأثیر سطوح مختلف اسید آراشیدونیک جیره غذایی قرار نگرفت (Ma et al. 2018). برخلاف نتایج مطالعه حاضر، فعالیت CAT سرم تیلاپیای نیل تغذیه‌شده با جیره حاوی اسید کافئیک به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Yilmaz, 2019). در مطالعه حاضر، فعالیت آنزیم GPX در تیمارهای حاوی سدیم سیترات نسبت به گروه شاهد کمتر بود. برخلاف نتیجه مطالعه حاضر، He و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از اسیدهای آلی در جیره میگوی وانامی باعث افزایش آنزیم GPX این گونه می‌شود. همچنین، بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در استفاده از مکمل‌های اسید سیتریک (Su et al. 2014) و اسید فرمیک (Chuchird et al. 2015) در میگوهای سفید نشان داده شده است. همچنین، Zheng و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند جیره‌های حاوی روغن ضروری پونه کوهی (*Origanum heracleoticum* L.)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گربه‌ماهی (*Ictalurus punctatus*) را افزایش می‌دهد.

مالون‌آلدئید محصول اکسایش ثانویه اسیدهای چرب اشباع نشده است. این ماده واکنش‌پذیر از یک مولکول مالون‌آلدئید با دو مولکول اسید تیوباربیتوریک تشکیل شده است (Rosmini et al. 1996). در مطالعه حاضر، افزودن سیترات سدیم به جیره بچه‌ماهیان شانک کاهش معنی‌دار سطح مالون‌آلدئید را در تیمارها نسبت به گروه شاهد نشان داد. در مطالعه‌ای مشابه Wu و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که افزودن مکمل سدیم بوتیرات به جیره کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) باعث کاهش مالون‌آلدئید روده این ماهی شود. برخلاف نتیجه مطالعه حاضر، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با ۸ درصد β- گلیسینین، ماده اصلی آنتی ژنی که از سویا استخراج می‌شود، سطح مالون‌آلدئید کبدی بالاتری را نسبت به ماهی گروه شاهد نشان داد (Zhang et al. 2013).

سلامت روده تا حدودی با تعادل میکرو فلور روده مرتبط است (Polen et al. 2003). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سیترات سدیم تأثیر معنی‌داری بر جمعیت کل باکتریایی روده شانک زردباله ندارد، اما جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها را افزایش می‌دهد. در راستای نتایج این مطالعه در تحقیق Owen و همکاران (۲۰۰۶)، مکمل بوتیرات سدیم اثر معنی‌داری بر ترکیب باکتریایی روده گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) نداشت، اما تأثیر مثبتی بر باکتری‌های گرم مثبت داشت. یکی از دلایل افزایش رشد در تیمارها نسبت به گروه شاهد می‌تواند اثر اسیدهای آلی بر جمعیت باکتری‌های گرم مثبت باشد، زیرا این باکتری‌ها نقش مهمی در تخمیر برخی کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم دارند و از طرفی، در دسترس بودن مواد مغذی را افزایش می‌دهند (Denev, 2009). اسیدهای آلی باعث کاهش pH محتوای گوارشی در تیلاپیای قرمز (*Oreochromis* sp.) شدند و این امر می‌تواند باعث تکثیر باکتری‌های مفید شده و مهار ریزموجودات بیماری‌زا و متعاقباً یک ریزسازگان (میکروسیستم) بهبود یافته را منجر شود. به دلیل فعالیت ضدمیکروبی، از اسیدهای آلی در خوراک ماهی برای کاهش آلودگی میکروبی و متعاقباً تأثیر بر جمعیت باکتریایی روده استفاده می‌شود. برخلاف نتایج

مطالعه حاضر، Hassaan و همکاران (۲۰۱۸) کاهش معنی‌دار تعداد باکتری‌های روده تیلاپیای نیل را نسبت به گروه شاهد مشاهده کردند. در ماهی تیلاپیای نیل تعداد کل باکتری‌های مدفوع و باکتری‌های روده در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی مخلوط اسید آلی و یا دی‌فرمیت پتاسیم[1] به طور معنی‌دار کاهش یافت (Ng et al. 2009). همچنین، مرگ و میر توده‌ای ناشی از چالش ۱۵ روزه با باکتری *Streptococcus agalactiae* در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی مخلوط اسیدهای آلی یا فرمیت کاهش یافت (Ng et al. 2009). همـچنین، کاهش معنی‌دار تعداد باکتری‌های روده را در تیلاپیای هیبرید قرمز و *Oreochromis* sp. تغذیه شده با اسیدهای آلی مشاهده کردند. به‌طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد استفاده از نمک اسید آلی سیترات سدیم در جیره می‌تواند باعث افزایش عملکرد رشد و وضعیت سلامتی ماهی شانک زردباله شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی مالی دانشگاه خلیج فارس انجام شده است.

1-Potassium diformate

منابع

Baruah, K., Pal, A.K., Sahu, N.P., Jain, K.K., Mukherjee, S.C., Debnath, D. 2005. Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles. Aquacture Research 36: 803-812.

Baruah, K., Sahu, N.P. Pal, A.K. Jain, K., Debnath, D. Mukherjee, S.C. 2007. Dietary microbial phytase and citric acid synergistically enhances nutrient digestibility and growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles at sub-optimal protein level. Aquaculture Research 38: 109-120.

Castillo, S., Rosales, M., Pohlenz, C., Gatlin III, D.M. 2014. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture 433: 6-12.

Ceylan, N., Ciftci, I. 2002. The effects of some alternative feed additives for antibiotic promoters on the performance and gut microflora of broiler chicks. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 27: 727-733.

Chuchird, N., Rorkwiree, P., Rairat, T. 2015. Effect of dietary formic acid and astaxanthin on the survival and growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and their resistance to Vibrio parahaemolyticus. SpringerPlus 4: 440-452.

Defoirdt, T., Boon, N., Sorgeloos, P., Verstraete, W.B.P. 2009. Short-chain fatty acids and poly-β-hydroxyalkanoates: (new) biocontrol agents for a sustainable animal production. Biotechnology Advances 27: 680-685.

Denev, S., Staykov, Y., Moutafchieva, R., Beev, G. 2009. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of probiotics and prebiotics in finfish aquaculture (Review). International Aquatic Research 1: 1-29.

Freitag, M. 2007. Organic acids and salts promote performance and health in animal husbandry, in: C. Lückst€adt (Ed.), Acidifiers in Animal Nutrition: A Guide for Feed Preservation and Acidification to Promote Animal Production. Nottingham University Press, UK, 90 p.

Fridovich, I. 1995. Superoxide radical and superoxide dismutases. Annual Review of Biochemistry 64: 97-112.

Giannopolitis, C.N., Ries S.k. 1977. Superoxide dismutases: II. Purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedlings. Plant Physiology 59: 315-318.

Hassaan, M.S., Soltan, M.A., Jarmołowicz, S., Abdo, H.S. 2018. Combined effects of dietary malic acid and Bacillus subtilis on growth, gut microbiota and blood parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition 24: 83-93.

He, W., Rahimnejad, S., Wang, L., Song, K., Lu, K., Zhang, C. 2017. Effects of organic acids and essential oils blend on growth, gut microbiota, immune response and disease resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Vibrio parahaemolyticus*. Fish and Shellfish Immunology 70: 164-173.

Hernández, A.J., Satoh, S., Kiron, V. 2012. Supplementation of citric acid and amino acid chelated trace elements in low-fish meal diet for rainbow trout affect growth and phosphorous utilization. Journal of the World Aquaculture Society 43: 688-696.

Hernandez-Serrano, P. 2005. Responsible Use of Antibiotics in Aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper 469. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 97 p.

Hirshfield, I. N., Terzulli, S., O'Byrne, C. 2003. Weak organic acids: Apanoply of effects on bacteria. Science Progress 86: 245-269.

Hossain, M.A., Pandey, A., Satoh, S. 2007. Effects of organic acids on

growth and phosphorus utilization in red sea bream (*Pagrus major*). Fisheries Science 73: 1309-1317.

Kemp, M. C. 2008. Antimicrobial fish and shrimp feed. United States patent provisional patent, p. 33.

Khajepour, F., Hosseini, S.A. 2012. Citric acid improves growth performance and phos- phorus digestibility in beluga (*Huso huso*) fed diets where soybean meal partly replaced fishmeal. Animal Feed Science and Technology 171: 68-73.

Kümmerer, K. 2009. Antibiotics in the aquatic environment - A review - Part I. Chemosphere 75: 417-434.

Ledwozyw, A., Michalak, J., Stepien, A.K., Adziolka, A. 1986. The relationship between plasma triglycerides, total lipids and lipid peroxidation products during huma atherosclerosis. Clinica Chimical Acta 155: 275-284.

Lim, C., Lückstädt, C., Webster, C.D., Kesius, P. 2015. Organic acids and their salts. In: Lee, C.S., Lim, C., Gatlin, D.M., Webster, C.D. (Eds.), Dietary Nutrients, Additives and Fish Health. Wiley-Blackwell, 384 p.

Luckstadt, C. 2008. The use of acidifiers in fish nutrition. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 3:1-8.

Ma, H.-n., Jin, M., Zhu, T.T.,. Li, C.C., Lu, Y., Yuan, Y., Xiong, J. 2018. Effect of dietary arachidonic acid levels on growth performance, fatty acid profiles and lipid metabolism of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Aquaculture 486: 31-41.

Malicki, A., Zawadzki, W., Bruzewicz, S., Graczyk, S., Czerski, A. 2004. Effect of formic and propionic acid mixture on (*Escherichia coli*) in fish meal stored at 12 °C. Pakistan Journal of Nutrition 3: 353-356.

Mahious, A.S., Gatesoupe, F.J., Hervi, M., Metailler, R., Ollevier, F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, (*Psetta maxima*) (Linnaeus, C. 1758). Aquaculture International 14: 219-229.

Marklund S., Marklund, G. 1974. Involvement of the superoxyde anion radical in the auto oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxyde dismutase. European Journal of Biochemistry 47: 469-474.

Marshall, B.M., Levy, S.B. 2011. Food animals and antimicrobials: impacts on human health. Clinical Microbiology Reviews 24: 718-733.

Morshedi, V., Bahabadi, M.N., Sotoudeh, E., Azodi, M., Hafezieh, M. 2018. Nutritional evaluation of *Gracilaria pulvinata* as partial substitute with fish meal in practical diets of barramundi (*Lates calcarifer*). Journal of Applied Phycology 30: 619-628.

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 13: 1490-1500.

Ng, W.K., Koh, C.B. 2011. Application of organic acids in aqua- feeds: impacts on fish growth, nutrient utilization and disease resistance. In: Luckstadt C (ed.) Standards for Acidifiers: Principles for the Use of Organic Acids in Animal Nutrition. Proceeding of the 1st Interna. Nottingham: Nottingham University Press, 120 p.

Ng, W.K., Koh, C.B., Teoh, C.Y., Romano, N. 2015. Farm-raised tiger shrimp, *Penaeus monodon*, fed commercial feeds with added organic acids showed enhanced nutrient utilization, immune response and resistance to *Vibrio harveyi* challenge. Aquaculture 449: 69-77.

NRC (National Research Council). 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press, Washington, D.C. 392 p.

Overland, M., Granli, T., Kjos, N., Fjetland, O., Steien, S., Stokstad, M. 2000. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. Journal of Animal Science 78: 1875-1884.

Owen, M., Waines, P., Bradley, G., Davies, S. 2006. The effect of dietary supplementation of sodium butyrate on the growth and microflora of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). XII International Symposium fish Nutrition and Feeding 149, France, May 28 - June 1.

Petkam, R., Lückstädts, C., Nittayachit, P., Sadao, S., Encarnacao, P. 2008. Evaluation of a dietary organic acid blend on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance. World Aquaculture Society, Busan, Korea.

Polen, T., Rittmann, D., Wendisch, V.F., Seiffert, W. 2003. DNA microarray analyses of the Long-Term adaptive response of *Escherichia coli* to acetate and propionate. Applied and Environmental Microbiology 69: 1759-1774.

Ramli, N., Heindl, U., Sunanto, S. 2005. Effect of potassium-diformate on growth perfor- mance of tilapia challenged with *Vibrio anguillarum*. World Aquaculture Society Conference, Bali, Indonesia.

Ravindram, V., Kornegay, E. T. 1993. Acidification of weaner pig diets: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 62: 313-322.

Rawling, M.D., Merrifield, D.L., Davies, S.J., Rawling, M.D., Merrifield, D.L., Davies, S.J. 2009. Preliminary assessment of dietary supplementation of Sangrovit on red tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and health. Aquaculture 294: 118-122.

Reyes-Becerril, M., Tovar-Ramírez, D., Ascencio-Valle, F., Civera-Cerecedo, R., Gracia- López, V., Barbosa-Solomieu, V. 2008. Effects of dietary live yeast (*Debaryomyces hansenii*) on the immune and antioxidant system in juvenile leopard grouper (*Mycteroperca rosacea*) exposed to stress. Aquaculture 280: 39-44.

Ringø, E. 1991. Effects of dietary lactate and propionate on growth and digesta in Arctic charr, *Salvelinus alpines* (L.). Aquaculture 96: 321-333.

Roediger, W.E. 1980. Role of anaerobic bacteria in the metabolic welfare of the colonic mucosa in man. Gut 21: 793-798.

Rosmini, M.R., Perlo, F., Pérez-alvarez, J.A., Pagán-moreno, M.J., Gaga-gago, A., Santoveña, F., Aranda-Catalá, V. 1996. TBA test by an extractive method applied to “pate”. Meat Science 42: 103-110.

Sarker, M., Alam, S., Satoh, S., Kamata, K., Haga, Y., Yoshihiro, Y. 2012. Supplementation effect(s) of organic acids and/or lipid to plant protein-based diets on juvenile yellowtail, *Seriola quinqueradiata* Temminck et Schlegel 1845, growth and, nitrogen and phosphorus excretion. Aquaculture Research 43: 538-545.

Silva, B.C., Nolasco-Soria, H., Magallon-Barajas, F., Civera-Cerecedo, R., Casillas-Hernandez, R., Seiffert, W.Q. 2015. Improved digestion and initial performance of whiteleg shrimp using organic salt supplements. Aquaculture Nutrition 22: 997-1005.

Su, X., Li, X., Leng, X., Tan, C., Liu, B., Chai, X., Guo, T. 2014. The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid. Aquaculture International 22: 1823-1835.

Sugiura, S.H., Dong, F.M., Hardy, R. 1998. Effects of dietary supplements on the availability ofminerals in fish meal; preliminary observations. Aquaculture 160: 283-303.

Vahabnezhad, A., Taghavimotlagh, S., Ghodrati Shojaei, M. 2017. Growth

pattern and reproductive biology of *Acanthopagrus latus* from the Persian Gulf. Journal of Survey in Fisheries Sciences 4: 18-28.

Wendel, A. 1980. Enzymatic basis of detoxication. Academic Press, New York, 415 p.

Wood, R.J., Serfaty-Lacrosniere, C. 1992. Gastric acidity, atrophic gastritis, and calcium absorption. Nutrition Reviews 50: 33-40.

Wu, P., Tian, L., Zhoum X.Q., Jiang, W.D., Liu, Y., Jiang, J., Xie, F., Kuang, S.Y., Tang, L., Tang, W.N., Yang, J., Zhang, Y.A., Shi, H.Q., Feng, L. 2018. Sodium butyrate enhanced physical barrier function referring to Nrf2, JNK and MLCK signaling pathways in the intestine of young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Fish and Shellfish Immunology 73: 121-132.

Yilmaz, S. 2019. Effects of dietary caffeic acid supplement on antioxidant, immunological and liver gene expression responses, and resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* to *Aeromonas veronii*. Fish and Shellfish Immunology 86: 384-392.

Yin, G., Li, W., Lin, Q., Lin, X., Lin, J., Zhu, Q., Jiang, H. 2014. Dietary administration of laminarin improves the growth performance and immune responses in *Epinephelus coioides*. Fish and Shellfish Immunology 41: 402-406.

Zhang, C.N., Li, X.F., Xu, W.N., Jiang, G.Z., Lu, K.L., Wang, L.N. 2013. Combined effects of dietary fructooligosaccharide and *Bacillus licheniformis* on innate immunity, antioxidant capability and disease resistance of triangular bream (*Megalobrama terminalis*). Fish and Shellfish Immunology 35: 1380-1386.

Zheng, Z., Tan, J.Y., Liu, H., Zhou, X., Xiang, X., Wang, K. 2009. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 292: 214-218.

Zhou, Z., Liu, Y., He, S., Shi, P., Gao, X., Yao, B., 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.

Zhu, Y., Ding, Q., Chan, J., Chen, P., Wang, C. 2015. The effects of concurrent supplementation of dietary phytase, citric acid and vitamin D3 on growth andmineral utilization in juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. Aquaculture 436: 143-150.

Growth indices, antioxidant status and Lactobacillus bacteria population of yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus* Houttuyn, 1782) fed with diets containing sodium citrate

Ebrahim Sotoudeh[1,2*], Milad Dehghani[1], Sina Saghaei[1], Afsaneh Esmaeili[2], Asma Ahmadi[2]

1- Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Bushehr, Iran
2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Bushehr, Iran

Received 27 August 2019; accepted 19 January 2020

Abstract
In this study, the nutritional effects of sodium citrate (SC) on some growth indices, antioxidant status and *Lactobacillus* bacteria population of yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) juvenile (initial weight of 6.5 ± 0.2 g) were studied for 8 weeks. Three isonitrogenous and isolipidic experimental diets that fish meal was replaced with plant protein, supplemented with 0 g sodium citrate /kg diet (control), SC_5 (5 g sodium citrate /kg diet) or SC_{10} (10 g sodium citrate /kg diet) sodium citrate. A total of three experimental diets were fed to three groups of yellowfin seabream. At the end of the nutritional experiment, the results exhibited that the mean final weight and weight gain indices in the fish fed with the sodium citrate were significantly higher than the control group ($p<0.05$). Survival rate was not significantly different between the treatments ($p>0.05$). The intestinal Lactobacillus population was significantly higher in the groups fed with the diets containing sodium citrate ($p<0.05$) than in control. Catalase and superoxidase superoxidase did not exhibit significant differences between experimental treatments ($p>0.05$). However, glutathione peroxidase activity was significantly higher in the treatments ($p<0.05$) than in control. Index of lipid peroxidation, malondialdehyde in SC_5 and SC_{10} significantly decreased compared to the control group ($p<0.05$). These results indicated that dietary supplementation of sodium citrate at a level of 5 g sodium citrate per kg diet improved growth performance, antioxidant status and beneficial intestinal microbiota of the yellowfin seabream juvenile.

Keywords: Sodium citrate, Yellowfin seabream, Antioxidant status, Lactobacillus, Feed efficiency.

Corresponding author: e.sotoudeh@pgu.ac.ir