University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 6, No. 3, 2020, pages: 1-12

Comparison of the use of taurine in combination with feed and sprays in growth and feeding performance and physiological responses of Asian sea bass (*Lates calcarifer*)

Vahid Morshedi[*1], Asma Ahmadi[2], Dara Bagheri[2,3], Ahmad Ghasemi[1], Hamed Aalamifar[4], Seyed Hossein Hoseinifar[5], Marina Paolucci[6]

1- Department of Fisheries and Biology, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, 2- Department of Fisheries Sciences, Faculty of Marine Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, 3- Department of Fisheries Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, 4- Department of Clinical Sciences, School of Veterinary Medicine, Shiraz University, Shiraz, Iran, 5- Departent of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 6- Department of Science and Technologies, University of Sannio, Benevento, Italy

Received 30 February 2020 Accepted 21 June 2020

KEYWORDS

Taurine

Innate immunity

Blood biochemical factors

Growth performance

Asian sea bass (*Lates calcarifer*)

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effects of adding taurine to diet as a mixture with feed and also as spray on growth and feeding performance, body composition and physiological responses of Asian sea bass, *Lates calcarifer* (13.62 ± 0.2 g). This study was carried out in a completely randomized design as three treatments with triplicates. Fish were fed with feed containing 0 (control group), 10 g/kg taurine in feed as mixture (treatment M) and 10 g/kg as spray on feed (treatment S) for 6 weeks. At the end of the experiment, final weight, weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio were significantly higher in treatment S compared to the control and treatment M ($p<0.05$). Carcass fat and moisture contents significantly varied in treatment M with the control and with treatment S ($p<0.05$). However, carcass protein value was not influenced by supplemented tuarine ($p>0.05$). The obtained results indicated that dietary taurine did not enhance Asian sea bass blood biochemical factors and non-specific immune response ($p>0.05$). Overall, it can be concluded that feeding Asian sea bass with the diet supplemented by 10 g taurine as spray for a period of 6 weeks enhances the growth and feeding performance.

*Corresponding author: v.morshedi@gmail.com; v.morshedi@pgu.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۱۲-۱

"مقاله پژوهشی"

مقایسه استفاده از اسید آمینه تورین به صورت مخلوط با غذا و اسپری بر عملکرد رشد و تغذیه و پاسخ های فیزیولوژیک ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*)

وحید مرشدی*[۱]، اسما احمدی[۲]، دارا باقری[۲،۳]، احمد قاسمی[۱]، حامد اعلمی فر[۴]، سید حسین حسینی فر[۵]، مارینا پائولوچی[۶]

۱- پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر، ۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر، ۳- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر، ۴- گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ۵- دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ۶- دانشکده علوم و تکنولوژی، دانشگاه سانسینو، بنونتو، ایتالیا

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۰۱

چکیده

هدف از این مطالعه، مقایسه استفاده از اسید آمینه تورین به صورت مخلوط و افشانه با غذا بر عملکرد رشد و تغذیه، ترکیب لاشه و پاسخ های فیزیولوژیک ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) (۰/۲ ± ۱۳/۶۲ گرم) بود. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. ماهیان به‌مدت ۶ هفته با جیره‌های حاوی صفر (گروه شاهد)، ۱۰ گرم تورین به صورت افشانه (تیمار S) و ۱۰ گرم به صورت مخلوط با غذا (تیمار M) در هر کیلوگرم غذا تغذیه شدند. در پایان آزمایش، وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی به طور معنی‌دار در تیمار S نسبت به گروه شاهد و تیمار M بالاتر بود ($p<0/05$). میزان چربی و رطوبت لاشه به‌طور معنی‌دار در تیمار M با گروه شاهد و تیمار S تفاوت داشت ($p<0/05$). با وجود این، میزان پروتئین لاشه در تیمارهای M و S تحت تأثیر قرار نگرفت ($p>0/05$). نتایج حاصل نشان داد که تورین جیره فاکتورهای بیوشیمیایی خون و پاسخ ایمنی غیراختصاصی ماهی سی‌باس آسیایی را بهبود نمی‌دهد ($p>0/05$). به‌طور کلی، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تغذیه ماهی سی‌باس آسیایی با جیره حاوی ۱۰ گرم اسید آمینه تورین به صورت افشانه برای یک دوره ۶ هفته‌ای، عملکرد رشد و تغذیه را افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی

تورین

سیستم ایمنی

غیراختصاصی

فاکتورهای بیوشیمیایی

خون

عملکرد رشد

ماهی سی باس آسیایی

نویسنده مسئول: v.morshedi@gmail.com, v.morshedi@pgu.ir

مقدمه

تولیدات آبزی پروری روز به روز در حال رشد و توسعه کمی و کیفی است. افزایش میزان تراکم، مدیریت مناسب غذادهی و استفاده از جیره با کیفیت و متناسب با نیاز آبزی پرورشی توسعه کمی را محقق کرده و افزایش تنوع و گستره آبزیان پرورشی توسعه کیفی را دنبال می کند. مواد مغذی جیره نه تنها مواد ضروری برای رشد ماهی را فراهم می‌کنند، بلکه بهبود وضعیت سلامت ماهی را نیز موجب می‌شوند (Oliva-Teles, 2012) و کمبود آنها سبب به‌وجود آمدن علائمی از جمله تغییر رفتار و تغییرات آسیب شناسی می‌شود. جیره‌های نامتعادل می‌توانند منجر به ایجاد تعاملات منفی یا تداخل بین مواد مغذی شوند که نشانه‌هایی مشابه کمبود مواد مغذی را در پی دارند. در سطوح بسیار بالای مواد مغذی که در جیره‌های غذایی غیرمعمول هستند، نیز علائم مسمومیت ممکن است رخ دهد (Trichet, 2010).

اسید آمینه تورین یکی از مواد مغذی مهم جیره است که در سال های اخیر در صنعت آبزی پروری توجه زیادی به آن معطوف شده و به عنوان اسیدآمینه نیمه ضروری برای آبزیان معرفی شده است (Salze and Davis, 2015). تورین محصول نهایی سوخت‌وساز اسیدهای آمینه گوگردی است و اساساً در کبد ساخته می‌شود، هر چند که در مغز نیز تولید می‌شود (Maita et al. 2006). خصوصیاتی از جمله حلالیت در آب و شکل مولکولی آزاد سبب شده است که هدررفت تورین در آب زیاد باشد. با وجود این، با توجه به مدت زمان کوتاه تماس غذا با آب در حین تغذیه، میزان هدررفت تورین ناچیز است. واکنش میلارد نوعی واکنش غیرآنزیمی بین اسیدآمینه و یک قند کاهنده است که یک کمپلکس اسیدآمینه-قند ایجاد می کند و قابلیت دسترسی زیستی تورین را کاهش می دهد. گزارش‌هایی وجود دارد که تورین در حضور گرما و آب، نسبت به واکنش میلارد آسیب‌پذیر است. فشار و رطوبت بالا طی فرآیند اکسترود کردن، ممکن است زمینه‌ساز وقوع واکنش میلارد تورین باشد. تحقیقاتی برای مقایسه پایداری تورین جیره در غذاهای اکسترود و پلت در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شده که نشان می دهد تغییری در میزان تورین قبل و بعد از تولید اکسترود مشاهده نمی شود (Gaylord et al. 2014). این امر اهمیت استفاده از این مکمل غذایی را به صورت افزودنی در جیره غذایی بیش از پیش نمایان می‌کند. به‌علاوه، با در نظر گرفتن توانایی پایین ماهیان در تولید تورین از منابع آن (سیستئین و متیونین)، باور بر این است که ماهیان به تورین جیره وابسته هستند (Kim et al. 2008).

پودر ماهی در جیره‌های آبزیان غنی از اسیدآمینه تورین است (Divakeran, 2006). در گذشته پودر ماهی به دلیل کیفیت بالا و قیمت نسبتاً پایین به عنوان مهم‌ترین و اصلی-ترین ترکیب در جیره غذایی آبزیان استفاده می‌شد. اما روندی که در حال حاضر کارخانه‌های تولید خوراک آبزیان در کشور در خصوص تولید خوراک برای ماهیان گوشتخوار در پیش گرفته اند، کاهش استفاده از پودر ماهی به دلیل قیمت بالا و کاهش واردات آن و استفاده از منابع گیاهی ارزان قیمت، از جمله سویاست. پروتئین‌های گیاهی به دلیل کاهش دسترسی زیستی مواد معدنی، کاهش رشد را به همراه خواهند داشت. اسید آمینه تورین، هم به عنوان یک اسید آلی سبب بهبود دسترسی زیستی مواد معدنی می شود (Khajepour and Hosseini, 2012) و هم به عنوان یک اسید آمینه نیمه ضروری در جیره، بخشی از نیازهای آبزی را مرتفع می کند و به حفظ پایداری این صنعت یاری می‌رساند. ضمناً اثر تورین جیره بر ماهیان تحت تأثیر عوامل مختلف مانند گونه ماهی، سن، اجزای جیره و میزان دیگر اسیدهای آمینه جیره است (Kim et al. 2008). تحقیق حاضر با انتخاب ماهی سی باس آسیایی که به دلایلی از جمله تراکم پذیری بالا، تحمل بالای فراسنجه‌های کیفی آب، سازش‌پذیری آسان به غذای کنسانتره و رشد سریع، یکی از مناسب‌ترین گونه‌های ماهیان دریایی برای پرورش است و از ظرفیت بالایی برای معرفی به کارگاه‌های آبزی‌پروری برخوردار است (Jerry, 2013) انجام شد. مطالعه حاضر، مقایسه استفاده از اسید آمینه تورین به صورت مخلوط با غذا و افشانه بر روی عملکرد رشد و تغذیه، ترکیب لاشه و پاسخ ایمنی و بیوشیمیایی خون در ماهی سی باس آسیایی را مدنظر قرار داده است تا بتوان روش مناسب اضافه کردن تورین به جیره تجاری این ماهی را به‌دست آورد.

مواد و روش ها

بچه ماهیان در این تحقیق با میانگین وزن اولیه ۰/۲ ± ۱۳/۶۲ گرم از کارگاه خصوصی خریداری و به ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی پژوهشکده خلیج فارس (دانشگاه خلیج فارس، بوشهر) منتقل و با تراکم ۱۲ قطعه در هر تانک به‌صورت کاملاً تصادفی در مخازن پلی‌اتیلنی گرد ۳۰۰ لیتری با حجم آبگیری ۱۵۰ لیتر در سه تیمار آزمایشگاهی با سه تکرار توزیع شدند.

با توجه به نتایج تحقیق قبلی صورت گرفته توسط مرشدی و همکاران (منتشر نشده) بر روی تعیین بهترین سطح اسید آمینه تورین جیره در بچه ماهی سی باس آسیایی، در این مطالعه سطح ۱٪ انتخاب شد. تیمارهای آزمایشی شامل موارد زیر بودند: گروه شاهد که غذای کنسانتره آنها فاقد اسید آمینه تورین بود و در دو تیمار دیگر، ۱۰ گرم تورین در کیلوگرم غذا (شرکت سامچون، کره جنوبی) با درصد خلوص ۹۹٪ به صورت کریستاله خریداری و به دو صورت، یکی مخلوط با غذای تجاری (M) و دیگری به صورت افشانه روی غذا (S) ساخته شدند. برای ساخت جیره‌ی تیمار M ، مقدار مورد نیاز تورین پس از توزین، با غذای کنسانتره خریداری شده از شرکت بیضا (شیراز، ایران: ۴۷٪ پروتئین، ۱۷٪ چربی، ۱۴٪ خاکستر، ۱۰٪ رطوبت، ۲٪ فیبر) و پودر شده با آسیاب مخلوط و با استفاده از چرخ گوشت پلت شد. در تیمار S ، تورین بعد از توزین روی غذا افشانه شد. سپس ژلاتین با غلظت ۳٪ برای پوشش‌دار کردن غذا و جلوگیری از حل شدن افزودنی در آب، به آن افشانه شد. پس از آماده‌سازی، غذا درون یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا از فساد میکروبی آن جلوگیری شود. غذادهی ماهیان روزانه و در سه نوبت با فاصله زمانی مناسب (۸:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۶:۰۰) و در حد سیری انجام شد. شرایط محیطی مثل دما، شوری، pH و اکسیژن محلول در طول آزمایش ۶ هفته‌ای در تمامی مخازن یکسان بود (به ترتیب ۱/۵ ± ۳۲، ۱/۵ ± ۴۱ گرم در لیتر، ۰/۲ ± ۸ و ۸۰٪ اشباعیت). دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی اعمال شد.

در پایان دوره برای بررسی فاکتورهای بیوشیمیایی لاشه و خون ماهیان به طور تصادفی صید و با محلول فنوکسی اتانول (با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر آب) بیهوش شدند. سپس با استفاده از سرنگ ۳ میلی‌لیتری، خون از سیاهرگ دمی گرفته و لاشه ماهیان در فریزر نگهداری شد. نمونه‌های خون به مدت ۲ ساعت در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا لخته شوند و سپس به مدت ۵ دقیقه در ۱۶۰۰ g سانتریفیوژ شدند (Webb et al. 2007). سرم با استفاده از سمپلر جداسازی و در دمای ۸۰ °C- نگهداری شد. موکوس ماهیان برای اندازه گیری فعالیت ضد باکتریایی جمع آوری شد. برای این کار ابتدا سه ماهی از هر تکرار برداشته شد و به مدت یک دقیقه در فسفات بافر نمکی ۱۰ میلی‌مول (PBS, pH 7.5, containing 115 mM NaCl) قرار داده شد و سپس موکوس از سطح پوست ماهیان توسط یک تکه پنبه استریل جمع آوری شد. موکوس جمع آوری شده به میزان ۴ برابر با PBS رقیق شد و پس از به هم خوردن به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ گرانش و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد (Aranishi and Nakane, 1997).

اندازه گیری شاخص های رشد و تغذیه

برای محاسبه عملکرد رشد و تغذیه، در ابتدای دوره تمامی بچه ماهیان با ترازوی دقیق توزین شدند. در پایان آزمایش، غذادهی به مدت ۲۴ ساعت قطع و ماهیان هر مخزن با استفاده از فنوکسی اتانول (نیم میلی لیتر به ازای هر لیتر آب) بیهوش، و درازا و وزن ماهیان با استفاده از ترازوی دیجیتال و خط کش اندازه گیری شد. برای مقایسه تغییرات رشد ماهیان بین تیمارها، شاخص‌های رشد شامل ضریب تبدیل غذایی (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، میزان افزایش وزن (WG)، نرخ بازده پروتئین (PER) و غذای مصرفی روزانه (DFI) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (Jobling et al. 1994):

$$SGR = [\ln (\text{وزن انتهایی}) - \ln (\text{وزن ابتدایی}) \times 100] / (\text{مدت زمان پرورش})$$

$$FCR = \text{مقدار غذای خشک داده شده به گرم} / \text{وزن تر به دست آمده به گرم}$$

$$WG = ((\text{وزن انتهایی به گرم} - \text{وزن ابتدای به گرم}) \times 100) / \text{وزن ابتدایی به گرم}$$

مدت زمان پرورش/ (تعداد ماهیان/غذای مصرفی) = DFI

سنجش ترکیب بیوشیمیایی لاشه

ترکیبات شیمیایی لاشه با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC, 1990) اندازه گیری شدند. برای محاسبه، ۳ قطعه بچه ماهی از هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و تا زمان انجام سنجش‌های مربوطه (درصد رطوبت، چربی و پروتئین) در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. میزان رطوبت توسط خشک کردن نمونه ها در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. پروتئین خام، پس از هضم نمونه‌ها بـا استفاده از دستگاه (Buchi, Digest Automat K438) و با استفاده از روش کلدال سنجش شد. چربی از طریق حل کردن در کلروفرم و متانول استخراج، و میزان آن به روش سوکسله (Beher, Germany) سنجش شد.

سنجش فاکتورهای بیوشیمیایی خون و ایمنی

ایمونوگلوبولین کل به روش Siwicki و همکاران (۲۰۰۴) اندازه گیری شد. در این روش گلوبولین ها با استفاده از محلول ۱۲٪ پلی‌اتیلن گلیکول رسوب داده شد و بر اساس تفاوت محتوای پروتئین در طول موج ۵۹۰ نانومتر در قبل و بعد از ترسیب، میزان ایمونوگلوبولین کل محاسبه شد. فعالیت لایزوزیم سرم بر اساس روش Cha و همکاران (۲۰۰۸) و بر مبنای تجزیه باکتری گرم مثبت حساس به آنزیم لایزوزیم (*Micrococcus lysodiekticus*) اندازه‌گیری شد. فعالیت همولیتیک بر اساس همولیز مسیر فرعی کمپلمان (ACH50)، بر اساس همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش اندازه‌گیری شد (Whaley and North, 1997). آلبومین سرم با کیت تجاری مخصوص (پارس آزمون) طبق روش Doumas و همکاران (۱۹۹۷) و پروتئین کل با کیت تجاری مخصوص (پارس آزمون) طبق روش Bradford، ۱۹۷۶ اندازه‌گیری شد. مقدار کلسترول کل و تری گلیسرید سرم از روش آنزیمی، کالری‌متری و با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون سنجش شد (Wedemeyer et al. 1990).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت انجام آزمون های آماری، ابتدا نرمال بودن تمام داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس ها با استفاده از آزمون Levene بررسی شد. سپس با روش آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین شاخص‌های مورد بررسی با پس‌آزمون توکی و با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۶) انجام شد. در تمام بررسی‌ها سطح معنی دار بودن تفاوت‌ها ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج

میزان بقای ماهیان در طول دوره در تمامی تیمارها ۱۰۰٪ به دست آمد. نتایج مربوط به بررسی شاخص‌های رشد و تغذیه بچه‌ماهیان سی‌باس آسیایی در پایان ۶ هفته آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. در پایان آزمایش وزن نهایی در تیمار S به‌طور معنی‌دار بالاتر از تیمار M و گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). ضریب نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن در تیمار S به‌طور معنی‌دار بالاترین میزان و در تیمار M پایین ترین میزان را داشت ($p<۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی در تیمار S به طور معنی‌دار پایین تر از گروه شاهد و گروه شاهد نیز به‌طور معنی‌دار پایین تر از تیمار M بود ($p<۰/۰۵$). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان غذاگیری روزانه در تیمار M به‌طور معنی‌دار بالاتر از تیمار S و گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به شاخص‌های بیوشیمیایی لاشه بچه‌ماهیان سی‌باس در انتهای دوره پرورش در جدول ۲ ارائه شده است. میزان پروتئین لاشه اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف آزمایشی و گروه شاهد نشان نداد ($p>۰/۰۵$). با وجود این، میزان رطوبت لاشه در تیمار S به طور معنی‌دار بالاتر از تیمار M و گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). علاوه بر این، طبق نتایج به دست آمده، میزان چربی به طور معنی دار در تیمار S به طور معنی دار پایین تر از تیمار M و گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$).

نتایج مربوط به شاخص های ایمنی موکوس شامل لایزوزیم، فعالیت کمپلمان و ایمونوگلوبولین کل بچه‌ماهیان سی‌باس

آسیایی در پایان آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. افزودن تورین به جیره در شاخص‌های ایمنی تأثیر معنی دار ایجاد نکرد و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای S و M و گروه شاهد مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

علاوه بر این، نتایج مربوط به فراسنجه های بیوشیمیایی سرم شامل پروتئین کل، آلبومین، تری‌گلیسرید و کلسترول بچه-ماهیان سی‌باس آسیایی در جدول ۴ آورده شده است. همان-طور که در داده‌های جدول مشاهده می‌شود، در پایان آزمایش، اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارهای تیمارهای S و M در هیچ کدام از فراسنجه‌ها مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

جدول ۱ عملکرد رشد و تغذیه بچه‌ماهیان سی‌باس آسیایی در پایان آزمایش براساس تیمارهای مختلف (میانگین ± خطای استاندارد)

	شاهد	تیمار تورین با افشانه (S)	تیمار تورین مخلوط (M)
وزن اولیه (گرم)	۱۳/۹۹ ± ۰/۱	۱۳/۹۳ ± ۰/۵	۱۳/۰۵ ± ۰/۱
وزن نهایی (گرم)	۵۰/۱۲ ± ۰/۲۶^{b}	۵۶/۶۲ ± ۰/۴۲^{a}	۴۷/۶۱ ± ۰/۰۲^{b}
افزایش وزن بدن (درصد)	۱۹۹/۸۶ ± ۳/۲۷^{c}	۳۰۶/۳۳ ± ۸/۸۳^{a}	۲۵۶/۱۱ ± ۵/۱۲^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۶۱ ± ۰/۰۴^{c}	۳/۳۳ ± ۰/۰۷^{a}	۳/۰۸ ± ۰/۰۱^{b}
غذاگیری روزانه (گرم)	۹/۹۱ ± ۰/۸۵^{b}	۱۰/۴۹ ± ۰/۷۶^{b}	۱۲/۴۵ ± ۰/۶۶^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۳ ± ۰/۱۳^{b}	۰/۸۶ ± ۰/۱۴^{c}	۱/۲ ± ۰/۱۲^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۲ ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه‌ماهیان سی‌باس آسیایی در پایان آزمایش بر اساس تیمارهای مختلف (میانگین ± خطای استاندارد)

	شاهد	تیمار تورین با افشانه (S)	تیمار تورین مخلوط (M)
پروتئین (درصد)	۱۸/۷۶ ± ۰/۴۳	۱۷/۷۲ ± ۰/۹۱^{a}	۱۸/۵۹ ± ۰/۰۴
چربی (درصد)	۴/۴۸ ± ۰/۱۱^{a}	۴/۴۴ ± ۰/۰۳^{a}	۳/۷۱ ± ۰/۰۲^{b}
رطوبت (درصد)	۷۰/۷۷ ± ۰/۱۰^{b}	۷۰/۳۵ ± ۰/۳۰^{b}	۷۱/۹۹ ± ۰/۱۱^{a}

حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۳ پاسخ ایمنی غیراختصاصی موکوس بچه ماهیان سی باس آسیایی در پایان آزمایش بر اساس تیمارهای مختلف (میانگین ± خطای استاندارد)

	شاهد	تیمار تورین اسپری (S)	تیمار تورین مخلوط (M)
فعالیت لیزوزیم پلاسما (U/mL)	۱۲/۶۰ ± ۰/۱۹	۱۲/۰۰ ± ۰/۱۱	۱۲/۲۵ ± ۰/۲۸
فعالیت کمپلمان (U/mL)	۱۳۸/۰۰ ± ۱/۷۳	۱۳۴/۰۰ ± ۰/۵۰	۱۳۶/۵۰ ± ۰/۲۸
ایمنوگلوبولین کل (mg/mL)	۸/۴۰ ± ۰/۲۳	۷/۴۰ ± ۰/۱۹	۷/۶۵ ± ۰/۲۵

نبود حروف در هر ردیف نشانه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

جدول ۴ فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون بچه‌ماهیان سی‌باس آسیایی در پایان آزمایش بر اساس تیمارهای مختلف (میانگین ± خطای استاندارد)

	شاهد	تیمار تورین با افشانه (S)	تیمار تورین مخلوط (M)
پروتئین کل (g/dL)	۶/۸۳ ± ۱/۱۹	۶/۳۲ ± ۲/۱۱	۶/۷۴ ± ۱/۲۸
آلبومین (g/dL)	۰/۹۵ ± ۰/۱۳	۰/۸۶ ± ۰/۱۹	۰/۸۸ ± ۰/۲۵
تری گلیسرید (U/L)	۱/۰۸ ± ۰/۰۲	۰/۹۶ ± ۰/۱۲	۱/۱۵ ± ۰/۰۸
کلسترول (mg/dL)	۱۴۶/۱۲ ± ۳/۲۳	۱۴۳/۶۳ ± ۱/۱۹	۱۴۷/۴۱ ± ۵/۲۵

نبود حروف در هر ردیف نشانه عدم وجود اختلاف معنی دار است.

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از تورین به صورت مخلوط و افشانه بر غذا می‌تواند تأثیر معنی‌دار بر عملکرد رشد و تغذیه ماهی سی‌باس آسیایی داشته باشد، به طوری که در تیمار اسپری تورین روی غذا (S) مقدار فاکتورهای رشد به‌طور معنی‌دار نسبت به گروه شاهد و تیمار مخلوط تورین با غذا (M) بالاتر بود. مطالعات متعدد نشان می‌دهند که افزودن تورین به جیره ماهیان مختلف (۱-۰/۳ درصد جیره) باعث افزایش رشد آن‌ها می‌شود. این در حالی است که مطالعات معدودی نیز نشان داده‌اند که افزودن تورین به غذای برخی ماهیان تأثیری بر رشد آن‌ها ندارد (Salze and Davis, 2015). در همین راستا، در مطالعه Kim و همکاران (۲۰۰۷) افزودن ۰/۶۳ و ۱/۶٪ تورین در جیره حاوی پودر ماهی شسته شده که تورین کمی داشت، باعث بهبود رشد در ماهی کفشک (*Paralichthys olivaceus*) شد. در مطالعه Lim و همکاران (۲۰۱۳) طوطی ماهی (*Oplegnathus fasciatus*) را با جیره حاوی ۵۰٪ پودر ماهی و مقادیر تورین ۰/۱۹، ۰/۳۷، ۰/۵۱، ۰/۸۷، ۱/۲۳، ۱/۷۴٪ تغذیه و گزارش کردند که ۱/۷۴–۰/۸۷٪ تورین باعث افزایش رشد و کارایی پروتئین نسبت به گروه ۰/۱۹٪ تورین می شود. با وجود این، در مطالعه Sakaguchi و همکاران (۱۹۹۸) که در تضاد با نتایج تحقیق حاضر است، ماهی آزاد چام (*Oncorhynchus keta*) را در آزمایش‌های جداگانه در آب شور و شیرین با جیره‌های حاوی صفر، ۰/۵ و ۲٪ تورین تغذیه، و مشاهده کردند که تورین جیره بر رشد این ماهی در آب‌شور و شیرین تأثیری ندارد. این اختلاف نتایج بین تحقیقات مربوط به بررسی نیاز به تورین در جیره غذایی گونه‌های مختلف ماهیان ممکن است به‌دلیل پاسخ خاص گونه ماهی به جیره غذایی حاوی تورین، استفاده از تورین و غلظت استفاده از آن در جیره و همچنین، شرایط آزمایشگاهی متفاوت باشد. در مطالعات قبلی بر گونه‌های مختلف ماهی از تورین به عنوان اسیدآمینه محدودکننده رشد در جیره‌های غذایی حاوی مقادیر بالای پروتئین‌های گیاهی یاد شده است (Magalhães et al. 2019; Tong et al. 2020). با مقایسه تحقیقات انجام شده در گونه‌های مختلف می‌توان به این نتیجه رسید که پاسخ ماهی به تورین به گونه ماهی بستگی دارد. بیشتر تحقیقات بر روی گونه‌های دریایی گوشتخوار از جمله سوکلا (*Rachycentron canadum*)، کفشک، سیم دریایی قرمز (*Pagrus major*) انجام شده و نتایج این تحقیقات حاکی از ضروری بودن تورین در این گونه‌هاست (Salze and Davis, 2015). ضروری بودن تورین در دیگر گونه‌ها نیز تأیید شده است. برای مثال، میزان مورد نیاز تورین برای پرستو ماهی فلوریدا (*Trachinotus carolinus*) ۶۵-۵۴ درصد گزارش شده است (Salze et al. 2016).

در جیره‌های تجاری موجود در کشور به جهت کاهش هزینه های غذا و کمبود پودر ماهی موجود در کشور، میزان استفاده از پروتئین‌های گیاهی در اولویت قرار گرفته و به میزان بالا استفاده می‌شود. با توجه به این مطالب، در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که افشانه کردن تورین در سطح ۱٪ بر روی جیره تجاری، بهبود عملکرد رشد و تغذیه را به دنبال داشته است. شاید دلیلی که بتوان برای اختلاف معنی‌دار مشاهده شده بین

تیمار افشانه و مخلوط کردن تورین با غذا در عملکرد رشد و تغذیه بچه ماهیان سی باس عنوان کرد، شامل روش اضافه کردن تورین به جیره و مراحل بعد از پودر کردن جیره تجاری و همچنین، حل کردن تورین در آب و عبور آن از دستگاه پلت ساز است. به علاوه، ممکن است تأثیرات اقلام موجود در جیره تجاری و رابطه واگرا (آنتاگونیست) یا همگرا (سینرژیک) که با اسید آمینه تورین برقرار می شود و ناشناخته مانده است، دلیل ایجاد اختلاف مشاهده شده باشد. در همین راستا، Yokoyama و همکاران (۲۰۰۶) که در تحقیق خود اثرات سطوح مختلف لاکتوفرین جیره را در ماهی هامور خال نارنجی (*Epinephelus coioides*) بررسی کردند، یکی از دلایل عدم اختلاف در عملکرد رشد را اثرات ناشناخته متقابل لاکتوفرین با دیگر اجزای جیره یا اختصاصات دستگاه گوارش در گونه‌های مختلف عنوان کردند.

بیشترین میزان غذای خورده شده در مطالعه حاضر (غذاگیری تیمارهای تغذیه شده با تورین به طور معنی دار بیش از گروه شاهد بود). در مطالعه بر روی دیگر گونه‌های ماهی که از جیره غذایی حاوی تورین استفاده می‌کنند، نتیجه ویژگی‌های جذب خوراکی تورین، مانند وزن کم مولکولی، حلالیت در آب و خاصیت آمفوتریک آن توصیف شده است (Salze and Davis, 2015). با وجود این، کاهش میزان غذاگیری روزانه و اشتها با افزایش سطح تورین در جیره توسط Qi و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه بر روی ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) و Hoseini و همکاران (۲۰۱۷) بر روی تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) گزارش شد و دلیل روشنی برای آن عنوان نشد، ولی این محققان احتمال می‌دهند که سطح بالایی از تورین به دلیل اسیدی کردن خوراک، طعم خوب آن را کاهش می‌دهد، موردی که در مطالعه بر روی سطوح مختلف اسید آمینه تورین جیره در بچه‌ماهی سی‌باس آسیایی (مرشدی و همکاران، منتشر نشده) نیز به نظر می‌رسد صدق کند.

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از روش های مختلف افزودن تورین به جیره می‌تواند بر درصد رطوبت و چربی لاشه تأثیر معنی‌دار داشته باشد. در مطالعه حاضر، علت افزایش میزان رطوبت لاشه و کاهش چربی در ماهیان تغذیه شده با تیمار تورین مخلوط شده با غذا نسبت به تیمارهای دیگر را می توان به ارتباط معکوسی که بین میزان چربی و آب بدن وجود دارد، نسبت داد؛ به این معنی که چربی های کاتابولیز شده با حجم برابر آب جایگزین می‌شوند که نتیجه آن، افزایش میزان رطوبت لاشه است (Love, 1980). به‌علاوه، برخی مطالعات گزارش داده‌اند که جیره‌های غذایی حاوی تورین به میزان قابل توجهی باعث کاهش توده چربی بدن لاشه ماهیان شده که به اثرات کاهش دهنده اسیدآمینه تورین نسبت داده می‌شود (Salze and Davis, 2015). گزارش‌های محدودی درباره تأثیرات استفاده از سطوح مختلف تورین جیره بر ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهی در دسترس است. در مطالعات مذکور نتایج متناقضی نیز به دست آمده است. در مطالعه Salze و همکاران (۲۰۱۶) بر روی پرستو ماهی فلوریدا، کاهش محتوای چربی بدن در زمان تغذیه با سطوح مختلف تورین مشاهده شده است. همچنین، Yun و همکاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از اسید آمینه تورین در جیره ماهی توربوت، کاهش چربی لاشه را گزارش کرده‌اند. اگرچه در برخی گونه‌ها از جمله ماهی آزاد اطلس (*Salmo salar*) افزایش چربی لاشه در ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف تورین مشاهده شده است (Espe et al. 2012). تضادی که بین مطالعات انجام شده در زمینه ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهیان وجود دارد، ممکن است به تفاوت در پروتکل‌های آزمایشی، شرایط محیطی، شرایط فیزیولوژیک ماهی (Jobling et al. 1994) و پاسخ خاص هر گونه به استفاده از تورین جیره مربوط باشد (Salze and Davis, 2015). پروتئین کل و اجزای اصلی آن، از جمله آلبومین، نقش مهمی در فعالیت دستگاه ایمنی بدن در گونه‌های مختلف از جمله ماهی دارد (Moradian et al. 2018). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، نحوه استفاده از اسید آمینه تورین تأثیر معنی-داری بر میزان آلبومین و پروتئین کل، تری‌گلیسرید و کلسترول سرم نداشته است که هم راستا با نتایج پاسخ ایمنی در مطالعه حاضر بود. دستگاه کمپلمان در ماهیان از مهمترین اجزای تشکیل دهنده ایمنی غیراختصاصی هستند و در پاسخ به تغییرات فیزیولوژیک و آسیب شناسی تغییر می‌کنند (Ellise, 1999). در تحقیق حاضر، استفاده از تورین به صورت افشانه و مخلوط با غذا تأثیر معنی‌داری بر فعالیت کمپلمان موکوس، ایمونوگلوبولین و لایزوزیم بچه‌ماهیان

سی‌باس آسیایی نداشت. یافته‌های Dehghani و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) تغذیه شده با ۴ تا ۱۲ گرم تورین در ۱ کیلوگرم غذا پاسخ ایمنی مخاطی بالاتری نسبت به گروه شاهد و تیمار تغذیه شده با ۱۶ گرم تورین در هر کیلوگرم غذا داشتند. این محققان اظهار کردند که تورین دارای اثرات ایمنی در فراسنجه‌های ایمنی پوستی- مخاطی است، اما در مورد علت کاهش شاخص‌های ایمنی در سطوح بالاتر تورین در جیره توجیهی ارائه نشده است. مطالعه Hoseini و همکاران (۲۰۱۷) بر روی تاسماهی ایرانی نشان داد که مقادیر بالای تورین در جیره تاسماهی ایرانی باعث کاهش ایمنی غیراختصاصی شامل لایزوزیم، کمپلمان و ایمونوگلوبولین سرم شد. علاوه بر این، مطالعات دیگر در مورد گونه‌های مختلف ماهی حاکی از فعالیت ضداکسایشی تورین است (برای مثال، در برابر فلزات سنگین و آمونیوم) و این خاصیت اثرات مفیدی بر سلامت عمومی ماهی دارد که می‌تواند منجر به تقویت دستگاه ایمنی شود (Xing et al. 2016). برخلاف یافته های تحقیق حاضر، اثرات مثبت تورین جیره بر پاسخ ایمنی هومورال و ایمنی یاخته‌ای، پاسخ بیگانه‌خواری و فعالیت انفجار تنفسی در گربه ماهی سرزرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) و ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) در مطالعات مختلف گزارش شده است (Xing et al. 2016; Zhang et al. 2018). متغیرهایی مانند گونه ماهی، جنس، سن، چرخه بلوغ جنسی، شرایط تغذیه‌ای، شرایط سلامت بدن و استرس نیز می‌توانند فراسنجه‌های خون‌شناسی و ایمنی را تغییر دهند (McCarthy et al. 1973) و این مسئله تضاد موجود در بین نتایج مطالعات مختلف انجام شده را نشان می‌دهد. بنابراین، همان‌طور که در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد، نحوه استفاده از اسید آمینه تورین در جیره نمی‌تواند بر روی پاسخ ایمنی و فاکتورهای بیوشیمیایی خون مؤثر باشد.

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از اسید آمینه تورین در سطح ۱٪ و به صورت افشانه در جیره، عملکرد رشد و تغذیه بچه‌ماهی سی‌باس آسیایی را بهبود می بخشد، اما بر پاسخ ایمنی و شاخص‌های بیوشیمیایی خون آنها تأثیر ندارد. بنابراین، استفاده از تورین به صورت افشانه در جیره آنها با وزن استفاده شده در تحقیق حاضر و شرایط محیطی حاکم، می‌تواند روش مناسبی برای استفاده آسان از این اسید آمینه باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه دانشگاه خلیج فارس و پژوهشکده خلیج فارس نهایت سپاس گزاری را داشته باشند.

منابع

Cha, S.H., Lee, J.S., Song, C.B., Jeon Y.J. 2008. Effects of chitosan-coated diet on improving water quality and innate immunity in the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture 278: 110-118.

Dehghani, R., Oujifard, A., Mozanzadeh, M.T., Morshedi, V., Bagheri, D. 2020. Effects of dietary taurine on growth performance, antioxidant status, digestive enzymes activities and skin mucosal immune responses in yellowfin seabream, *Acanthopagrus latus*. Aquaculture 517: 734-795.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington. VA, 1141 p.

Aranishi, F., Nakane, M. 1997. Epidermal protease of the Japanese eel. Fish Physiology and Biochemistry 16: 471-478.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Divakaran, S. 2006. Taurine: an amino acid rich infish meal. In: Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. Avances en Nutrición Acuícola VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México., 310-317.

Doumas, B.T., Watson, W.A., Biggs, H. 1977. Albumin standards and the measurement of serum albumin with bromcresol green. Clinica Chimica Acta 258: 21-30.

Ellise, A.E. 1999. Immunity to bacteria in fish. Fish and Shellfish Immunology 9: 291-308.

Espe, M., Ruohonen, K., El-Mowafi, A. 2012. Effect of taurine supplementation on the metabolism and body lipid-to-protein ratio in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture Research 43: 349-360.

Hardy, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research 41: 770-776.

Hoseini, S.M., Hosseini, S.A., Eskandary, S., Amirahmadi, M., Soudagar, S. 2017. The effect of dietary taurine on growth performance and liver histopathology in Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin, 1897) fed plant-based diet. Aquaculture Research 48: 4184-4196.

Gaylord, T.G., Gatlin, D.M., III, Barrows, F.T., Nistler, A., Pohlenz, C., 2014. Stability of synthetic taurine through extrusion processing and subsequent bioavailability to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Aquaculture America 2014, Seattle, WA.

Jerry, D.R. 2013. Biology and culture of Asian seabass *Lates calcarifer*. CRC Press, 326 p.

Jobling, M., Meløy, O.H., Dos Santos, J., Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquaculture International 12: 75-90.

Khajepour, F., Hosseini, S.A. 2012. Calcium and phosphorus status in juvenile Beluga (*Huso huso*) fed citric acid-supplemented diets. Aquaculture Research 43: 407-411.

Kim, S.K., Matsunari, H., Takeuchi, T., Yokoyama, M., Furuita, H., Murata, Y., Goto, T. 2008. Comparison of taurine biosynthesis ability between juveniles of Japanese flounder and common carp. Amino Acids 35: 161-168.

Kim, S.K., Matsunari, H., Takeuchi, T., Yokoyama, M., Murata, Y., Ishihara, K. 2007. Effect of different dietary taurine levels on the conjugated bile acid composition and growth performance of juvenile and fingerling Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture 273: 595-601.

Lim, S.J., Oh, D-H., Khosravi, S., Cha, J.H., Park, S.H., Kim, K.W., Lee, K.J. 2013. Taurine is an essential nutrient for juvenile parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. Aquaculture 414: 274-279.

Love, R.M. 1980. The chemical biology of fishes. Academic Press, New York: 943 p.

McCarthy, D.H., Stevensom, J.P., Roberts M.S. 1973. Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Journal of Fish Biology 5: 1-8.

Magalhães, R., Martins, N., Martins, S., Lopes, T., Diáz-Rosales, P., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., Peres, H. 2019. Is dietary taurine required for white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles? Aquaculture 502: 296-302.

Maita, M., Maekawa, J., Satoh, K., Futami, K., Satoh, S. 2006. Disease resistance and hypocholesterolemia in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed a non-fishmeal diet. Fisheries Science 72: 513-519.

Moradian, A.M., Dorafshan, S., Paykan Heyrati, F., Ebrahimi, E. 2018. Effects of dietary bovine lactoferrin on growth, haemato-biochemical parameters, immune functions and tolerance to air exposure stress in the African cichlid *Sciaenochromis fryeri*. Aquaculture Nutrition 24: 392-399.

Oliva-Teles, A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. Journal of Fish Diseases 35: 83-108.

Qi, G., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Liufu, Z., Yun, B., Zhou, H. 2012. Effects of dietary taurine supplementation to a caseinbased diet on growth performance and taurine distribution in two sizes of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Aquaculture 358: 122-128.

Salze G.P., Davis D.A. 2015. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. Aquaculture 437: 215-229.

Salze, G.P., Spangler, E., Cobine, P.A., Rhodes, M., Davis, D.A. 2016. Investigation of biomarkers of early taurine deficiency in Florida pompano *Trachinotus carolinus*. Aquaculture 451: 254-265.

Sakaguchi, M., Murata, M., Daikoku, T., Arai, S. 1988. Effects of dietary taurine on tissue taurine and free amino acid levels of the chum salmon *Oncorhynchus keta* reared in freshwater and seawater environments. Comparative Biochemistry and Physiology 89: 437-442.

Siwicki, A. K., Anderson, D. P., Rumsey, G. L. 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. Veterinary lmmunology and lmmunopathology 41: 125-139.

Tong, S., Wang, L., Kalhoro, H., Volatiana, J.A., Shao, Q. 2020. Effects of supplementing taurine in all-plant protein diets on growth performance, serum parameters, and cholesterol 7α-hydroxylase gene expression in black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*. Journal of the World Aquaculture Society 51: 990-1001.

Trichet, V.V. 2010. Nutrition and immunity: an update. Aquaculture Research 41: 356-372.

Webb, M.A.H., Allert, J. A., Kappenman, K.M., Marcos, J., Feist, G.W., Schreck, C.B., Shackleton, C.H. 2007. Identification of plasma glucocorticoids in pallid sturgeon in response to stress. General and Comparative Endocrinology 154: 98-104.

Wedemeyer, G.A., Barton, B.A., McLeay, D.J. 1990. Stress and acclimation. In: Schreck, C.B., Moyle, P.B. (Eds.), Methods for Fish Biology. American Fisheries, Bethesda, MD., 301-309.

Whaley, K., North, J. 1997. Haemolytic assays for whole complement activity and individual components. Complement: A Pract Approach 1: 19-47.

Xing, X., Li, M., Yuan, L., Song, M., Ren, Q., Shi, G., Meng, F., Wang, R. 2016. The protective effects of taurine on acute ammonia toxicity in grass carp *Ctenopharynodon idellus*. Fish and Shellfish Immunology 56: 517-522.

Yokoyama, S., Koshio, S., Takakura, N., Oshida, K., Ishikawa, M., Gallardo-Cigarroa, F.J., Catacutan, M.R., Teshima, S.I. 2006. Effect of dietary bovine lactoferrin on growth response, tolerance to air exposure and low salinity stress conditions in orange spotted grouper *Epinephelus coioides*. Aquaculture 255: 507-513.

Yun, B.A., Ai, Q.H., Mai, K.S., Xu, W., Qi, G.S., Luo, Y.W. 2012. Synergistic effects of dietary cholesterol and taurine on growth performance and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. Aquaculture 324: 85-91.

Zhang, M., Li, M., Wang, R., Qian, Y. 2018. Effects of acute ammonia toxicity on oxidative stress, immune response and apoptosis of juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* and the mitigation of exogenous taurine. Fish and Shellfish Immunology 79: 313-320.