



# تأثیر جیره‌های حاوی ویتامین B<sub>3</sub> بر شاخص‌های رشد ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) در یک سازگان کشت توأم مدار بسته (Aquaponics)

عرفان سلمرودی<sup>۱</sup>، غلامرضا رفیعی<sup>۲\*</sup>، کامران رضایی توابع<sup>۳</sup>، سید احسان‌هاشمی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۱/۲۳

## چکیده

مشخص شده است که ویتامین‌های مختلف نقش مهمی را در رشد جانوران و گیاهان دارند. به منظور بررسی اثر جیره‌های حاوی ویتامین B<sub>3</sub> و تأثیر آنها بر شاخص‌های رشد ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) در یک سازگان توأم ماهی و گیاه، تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی تیلاپیای نیل با میانگین وزنی ۱۲ ± ۱/۲۵ گرمی و ۲۴۰ عدد نشای کاهو به صورت کاملاً تصادفی به ۱۲ واحد آزمایشی وارد شدند. تیمارها تحت تأثیر ۲۰، ۴۰، و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>3</sub> در کیلوگرم غذای خشک به مدت ۶۰ روز قرار گرفتند. شاخص‌های رشد ماهی تغییر معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد ( $P \geq 0/05$ ). شاخص‌های رشد گیاه از قبیل طول نهایی برگ و عرض نهایی برگ تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان دادند ( $P < 0/05$ ) ولی در طول نهایی بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید ( $P \geq 0/05$ ). اندازه‌گیری شاخص‌های بیو-شیمیایی خون ماهی نیز نشان داد با افزایش سطح ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>3</sub> در هر کیلوگرم غذای خشک، میزان پروتئین کل، گلوکز و تری‌گلسیرید در ماهی افزایش می‌یابد ( $P < 0/05$ ) ولی محتوای کورتیزول، آلکالین فسفاتاز و آسپارات آمینوترانسفراز سرم خون ماهی فاقد تفاوت معنی‌دار بود ( $P \geq 0/05$ ). نتایج این آزمایش نشان داد با افزودن ۴۰ تا ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>3</sub> به غذا، فاکتورهای استرسی خون ماهی تغییر نمی‌کند و همچنین رشد ماهی و کاهو افزایش می‌یابد.

واژگان کلیدی: ویتامین B<sub>3</sub>، گیاه کاهو، ماهی تیلاپیا، ماهی آب شیرین، آکواپونیک.



## **Effect of dietary-vitamin B<sub>3</sub> on immunity indices of Nile tilapia and growth (*Oreochromis niloticus*) of lettuce (*Lactuca sativa*) in an aquaponics system**

**Erfan Salamroodi<sup>1</sup>, Gholamreza Rafiee<sup>2\*</sup>, Kamran Rezaei Tavabe<sup>3</sup>, Seyyed Ehsan Hashemi<sup>4</sup>**

1. M.sc student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3. Associate professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4. Bc. student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

**Received: 12-Apr-2020**

**Accepted: 30-Apr-2020**

### **Abstract**

In order to investigate the effect of dietary-vitamin B<sub>3</sub> on immunity indices of Nile tilapia and growth (*Oreochromis niloticus*) of lettuce (*Lactuca sativa*) in an aquaponics system, 240 tilapia pieces with the average weight of  $12 \pm 1.25$ g and 240 seedlings of lettuce were randomly introduced into nine experimental units. The treatments were different rates of vitamin B<sub>3</sub> concentration in the fish feed with the levels of 20, 40 and 60 mg per kg. Growth indices did not show any significant difference among treatments ( $P \geq 0.05$ ). Lettuce growth indices such as final leaf length and final leaf width showed a significant difference among treatments ( $P < 0.05$ ). The plant final height, plant fresh weight, plant dry weight, root fresh weight and dry weight were not significantly different ( $P \geq 0.05$ ). Biochemical parameters of blood in fish showed the highest mean concentration of total protein, glucose and triglyceride levels in treatment with 60 mg of vitamin per kg compared to other treatments ( $P < 0.05$ ), however blood indices such as serum cortisol, alkaline phosphatase and aspartate aminotransferase contents were not significantly different ( $P \geq 0.05$ ). It was concluded that, with increasing the vitamin B<sub>3</sub> at the rates of 40 to 60 mg in feed, can improve tolerance of fish to stress and increase the fish growth and lettuce in the culture system.

**Keywords:** Vitamin B<sub>3</sub>, Lettuce plant, Nile tilapia, Freshwater fish, Aquaponics.

## ۱. مقدمه

گلیکوژن، مادهٔ کربوهیدراتی ذخیره‌ای موجود در کبد و عضلات است و نیاز سینه در سنتز آن نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین نقش مهمی در سوخت و ساز چربی‌ها در بدن دارد. نیاسین به شکل نیکوتین آمید یک جزء ترکیبی ضروری از دو آنزیم نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (NAD) و نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات (NADP) است. هردو آنزیم به عنوان دهنده و گیرنده هیدروژن در آزاد کردن انرژی در واکنش‌های اکسیداسیون-احیاء از هر سه ماده مغذی انرژی زا (کربوهیدرات، چربی، پروتئین) دخالت دارند و در آب محلول اند و توسط نور، حرارت و اکسیژن تخریب نمی‌شوند (Otten et al., 2006). نیاسین به عنوان یکی از راه‌های درمان کلسترول بالای خون و کاهش سطح کلسترول خون نیز مطرح است (Kirkland et al., 2014). در میان گونه‌های پرورشی، تیلاپیا دومین ماهی از نظر میزان پرورش در سراسر جهان است و تولید آن طی دههٔ گذشته به دلیل استفاده از آن در سیستم‌های گوناگون آبی پروری، قابلیت فروش و بازارپسندی بالا، رشد سریع، مقاومت بالا در برابر تغییرات شرایط فیزیکی-شیمیایی آب و قیمت بازار پایدار، چهار برابر شده است (Lu and Wang, 2016). در بین گونه‌های مختلف تیلاپیا، تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) به دلیل عملکرد رشد بهتر و مقاومت بیشتر به بیماری‌ها، گونهٔ مهمتری تلقی می‌شود و میزان پرورش آن در سطح جهانی بیشتر است (Abdel-Tawwab et al., 2008).

ترکیب آبی پروری با تکنیک هیدروپونیک می‌تواند با کاهش آلودگی و افزایش سودآوری از طریق مصرف آب کمتر، علاوه بر پرورش ماهی (McMurtry and Croft, 1997)، تولید محصولات جانبی را شامل شود (Rakocy et al., 2000). گیاهان در سیستم‌های مدار بسته، می‌توانند به منظور کاهش نگرانی در مورد پساب خروجی ماهی استفاده شوند (Han et al., 2017). نشان داده شده است که گیاهان آکواپونیک، از مواد مغذی ورودی به طور موثرتری نسبت به سایر سیستم‌های رشد

به طور کلی نقش آبیان در تغذیه انسان از گذشته‌های دور مورد توجه بوده است و این نیاز بشر با توجه به افزایش روزافزون جمعیت جهان و فقر پروتئین که بر آن حکمفرماست روز به روز چشمگیرتر شده است. آبی پروری در کنار رشد قابل توجهی که داشته، همواره با مشکلاتی روبرو بوده است که از آن جمله می‌توان به تغییرات کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد (Sinyakov et al., 2002). در حال حاضر از بین روش‌های مهم تصفیه آب و بکارگیری مجدد آب برای پرورش ماهی، سیستم‌های پرورش توأم ماهی و گیاه یا آکواپونیک (Aquaponic) به عنوان یک سامانه یا سیستم سازگار با محیط زیست و متکی بر فرایندهای زیستی مطرح است (Rakocy et al., 2003). در آکواپونیک، آب حاوی مواد مغذی و فضولات آبیان، به عنوان مواد مغذی به مصرف گیاهان می‌رسد و در نهایت پساب تولیدی ماهی با تصفیه مکانیکی، دوباره برای ماهی‌های پرورشی استفاده می‌شود (Rafiee and Saad, 2005; Zou et al., 2016). یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های سیستم پرورش آکواپونیک صرفه اقتصادی این سیستم برای پرورش آبیان و گیاهان به شکل توأم است. برآوردها نشان می‌دهد که در این سیستم حدود ۲۳ درصد هزینه‌های برق و ۱۱ درصد هزینه‌های غذای ماهی کاهش می‌یابد (Blidariu and Grozea, 2011). بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های پرورش به غذا اختصاص دارد. از این رو می‌توان با تهیه غذای مناسب سبب اقتصادی شدن امر پرورش شد و علاوه بر بهبود شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه را نیز افزایش داد (Kasumyan, 1999). یکی از اقلام غذایی که از نظر کمی جزء ناچیز اما از نظر کیفی جزء ضروری و مهم جیره آبیان تلقی می‌گردد، ویتامین‌ها هستند (Kirkland et al., 2014). نیاسین نیز یکی از ویتامین‌های گروه B است و این ویتامین در تنفس سلولی دخالت داشته و در آزاد کردن انرژی از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها دخالت دارد (Kirkland et al., 2014).

برغان واقع در استان البرز (ماهی سرای برغان) تهیه گردید. ماهی‌ها به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) انتقال داده شدند و پس از بررسی‌های ظاهری و اطمینان از سلامت ظاهری به منظور سازگاری با شرایط محیطی جدید (دما و شوری) به مدت یک هفته در مخازن ۱۰۰۰ لیتری فایبرگلاس در فضای آزاد و تعویض آب روزانه ۲۰ درصد نگهداری شدند که در طی این مدت با غذای تجاری قزل‌آلای رنگین کمان (شرکت ساخت غذای آبزیان فرادانه، ۳۹ در صد پروتئین، ۱۱ درصد چربی و ۱۵ درصد کربوهیدرات) طی دو نوبت در روز ساعت ۷:۰۰ و ۱۹:۰۰ به میزان ۲ درصد وزن بدن تغذیه شدند. پس از پایان دوره سازگاری، جهت شروع آزمایش ماهیها به طور تصادفی در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری توزیع شدند (۲۰ قطعه ماهی در هر واحد) (Rafiee and Saad, 2005) و تحت اثر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند.

## ۲.۲. طرح آزمایش

واحد آزمایش شامل یک مخزن نگهداری ماهی به حجم نگهداری ۳۰۰ لیتر آب و یک مخزن پرورش گیاه به حجم ۹۰ لیتر بود که در بالای مخزن پرورشی بزرگتر قرار داده شد و از طریق یک پمپ مکشی، آب از مخزن پرورش ماهی وارد مخزن گردید. روی هر مخزن گیاه، یک صفحه یونولیتی قرار گرفت. هر صفحه دارای ۲۰ حفره جهت قرار گرفتن گلدان‌های کشت گیاه کاهو بود. آب پس از عبور از گلدان‌ها توسط یک فیلتر مکانیکی، تصفیه شد. هر گلدان حاوی خاکی شامل ۳۰ درصد کوکوپیت و ۱۵ درصد ماسه بادی، ۵۵ درصد پرلیت بود و ۳ سانتیمتر از انتهای هر گلدان درون آب مخزن کوچکتر قرار داشت. طول دوره آزمایش ۶۰ روز بود و هیچگونه تعویض آبی در هیچ یک از مخازن آب در طول دوره (به جز ۱۰ لیتر آب که به طور هفتگی برای جبران تبخیر اضافه شد) پرورش صورت نگرفت. تیمارهای آزمایش بر اساس سطوح مختلف ورودی ویتامین به شرح زیر بودند:

استفاده می‌کنند، این موضوع ناشی از این واقعیت است که گیاهان آکواپونیک بدون افزودنی‌هایی موجود در کودهای شیمیایی تولید می‌شوند (FAO, 2007). پساب ماهی همه عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه از قبیل نیترات، فسفر و پتاسیم را فراهم می‌کند (Goddek et al., 2015).

گیاه کاهو با نام علمی *Lactuca sativa* از تیره کاسنی‌ها (Compositae) Asteraceae و دارای وارسته‌های مختلف است. با توجه به شرایط محیطی مناسب برای کشت گیاه کاهو، به خصوص شرایط دمایی مناسب، این گیاه می‌تواند قابل ارایه برای حضور در سازگان آبکشت در گلخانه باشد. داده‌ها نشان می‌دهد که این گیاه را می‌توان به عنوان گونه گیاهی مناسب جهت کشت توأم گیاه و آبی‌زی بکار برد. بنابراین، به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب جهت پرورش در سازگان کشت توأم آکواپونیک قابل طرح است (Mulabagal et al., 2010). متأسفانه در ایران تحقیقی بر استفاده از نیاسین در ماهیان صورت نگرفته است اما با توجه به تحقیقات انجام شده در رابطه با نیاز گیاهان و ماهی‌ها به ویتامین نیاسین و با علم به اینکه بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های پرورش به غذا اختصاص دارد، از این رو می‌توان با تهیه غذای مناسب سبب اقتصادی شدن امر پرورش شده و علاوه بر بهبود شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه را نیز افزایش داد (Kasumyan, 1999). با توجه به موارد فوق و امکان افزایش کارایی سیستم توأم پرورش ماهی و گیاه در تولید ماهی و گیاه کاهو، اثر بکارگیری سطوح مختلف ویتامین نیاسین در جیره غذایی در کشت توأم ماهی تیلاپپای نیل و گیاه کاهو، مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. سازگاری ماهیان با محیط پرورش

تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی تیلاپپای نیل با میانگین وزن  $12 \pm 1/25$  گرم از یک مرکز پرورشی خصوصی در روستای

متعادل شدن دمای غذای کنسانتره، با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن شد و به ماهیان داده شد. طول دوره پرورش ماهی و گیاه هشت هفته بود.

#### ۲.۴. سنجش شاخص‌های رشد ماهی

در پایان دوره آزمایش، غذادهی برای مدت ۲۴ ساعت متوقف گردید و پس از آن تمام ماهیان هر مخزن برداشت شدند و جهت آرام‌سازی به مدت ۱۰ دقیقه در محلول ۲۰ گرم بر متر مکعب پودر گل میخک قرار گرفتند. در انتها وزن و طول تمام ماهی‌ها به ترتیب توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم و خط-کش بر حسب میلی متر اندازه‌گیری شد و شاخص رشد و بقا توسط فرمولهای زیر محاسبه گردید (Kitabayashi et al., 1971):

$$\text{میانگین وزن نهایی - میانگین وزن اولیه} = \text{درصد افزایش وزن} \times 100$$

میانگین وزن اولیه (گرم)

$$\text{لگاریتم طبیعی وزن نهایی - لگاریتم طبیعی وزن اولیه} = \text{ضریب رشد ویژه}$$

تعداد روزها (درصد در روز)

$$\text{گرم غذای خورده شده} = \text{ضریب تبدیل غذایی}$$

گرم افزایش وزن

$$\text{گرم افزایش وزن} = \text{ضریب کارایی پروتئین}$$

گرم پروتئین دریافتی

$$\text{درصد بقاء} = (\text{تعداد نهایی ماهیان} - \text{تعداد اولیه ماهیان}) \times 100$$

#### ۵.۲. شاخص‌های رشد گیاه کاهو

در پایان دوره آزمایش تمامی گلدان‌ها از آب خارج گردید، محتویات و خاک درونشان تخلیه شد و به وسیله آبشویی به شکل بسیار آرام و با احتیاط کامل، خاک اطراف ریشه کاهو حذف گردید. به شکلی که بدون ضربه و آسیب به ریشه‌ها و بوته‌ها تمامی خاک اطرافشان شست‌شو شد. سپس وزن ریشه‌ها، وزن بوته‌ها و طول برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. همچنین در طول آزمایش،

شاهد: سیستم پرورشی بدون ورود ویتامین B<sub>3</sub> تیمار (T<sub>1</sub>): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۲۰ میلی گرم ویتامین B<sub>3</sub> به ازای هر کیلوگرم تیمار (T<sub>2</sub>): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۴۰ میلی گرم ویتامین B<sub>3</sub> به ازای هر کیلوگرم تیمار (T<sub>3</sub>): سیستم پرورشی با غذای حاوی ۶۰ میلی گرم ویتامین B<sub>3</sub> به ازای هر کیلوگرم

#### ۲.۳. اجزای جیره غذایی و افزودن ویتامین

جهت ساخت غذا از ترکیبات شامل ۲۵ درصد پودر ماهی، ۱۵ درصد کنجاله سویا، ۱۰/۵ درصد آرد گندم، ۱۰/۵ درصد آرد جو، ۵/۲۵ درصد آرد ذرت، ۵/۲۵ درصد سبوس برنج، درصد نشاسته، ۲ درصد ملاس چغندر، ۲ درصد روغن زیتون، ۱ درصد روغن آفتابگردان و ۱ درصد پریمیکس ویتامینی (محصول شرکت مرک آلمان) و مکمل معدنی استفاده شد. ابتدا ترکیبات با استفاده از دستگاه آسیاب به صورت کاملاً پودر شد و به مدت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه همزن با یکدیگر مخلوط گردید. سپس ترکیبات به ازای هر کیلوگرم جیره خشک در ۷۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با جیره خشک به طور همگن مخلوط شدند، سپس روغن به مخلوط جدید افزوده شد و به مدت ۱۵ دقیقه کل ترکیب مجدداً با یکدیگر مخلوط شدند (Lovell, 1989). بعد از ترکیب جیره پایه، سپس مقدار معینی ویتامین B<sub>3</sub> با توجه به تیمارهای پیش بینی شده به غذای پایه اضافه شد. سپس به صورت مجزا جیره‌های غذایی وارد دستگاه غذا ساز شد و به صورت گرانول‌هایی با قطر ۳ میلی متر بیرون آمدند. گرانول‌ها در دستگاه خشک کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. غذاها پس از خشک شدن، بسته بندی و شماره گذاری شد و در فریزر در دمای ۶۱- درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف، نگهداری شدند. یک ساعت قبل از توزیع غذا در مخازن، جیره‌های ساخته شده از فریزر خارج و در دمای اتاق نگاه‌داری گردید، پس از

### ۸.۲. تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن تمام داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک سنجش گردید و سپس با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آزمون چند دامنه ای دانکن برای تعیین سطح معنی‌داری ( $P \leq 0/05$ ) میانگین داده‌ها بین تیمارها استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار ارائه گردید. جهت محاسبات آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده گردید.

### ۳. نتایج

#### ۱.۳. عملکرد رشد و بقاء ماهی

شاخص‌های رشد از قبیل وزن نهایی، در صد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین ماهیان تغییر معنی‌داری را در بین تیمارها نشان داد ( $P \geq 0/05$ ). حداقل وزن نهایی در بین تیمارهای موجود، در تیمار یک (۲۰ میلی‌گرم) ثبت شد. حداکثر میانگین وزن انفرادی ماهیان ماهی در پایان دوره آزمایش در تیمار ۴ مشاهده شد. میانگین افزایش وزن انفرادی ماهیان در تیمارهای آزمایش به ترتیب ۴۵/۷۱، ۴۶/۵۹ و ۴۸/۳۷ گرم بود (جدول ۱).

#### ۲.۳. عملکرد رشد گیاه کاهو

شاخص‌های رشد از قبیل طول نهایی برگ و عرض نهایی برگ تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان دادند ( $P < 0/05$ ) ولی در طول نهایی بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد ( $P \geq 0/05$ ) (جدول ۲). میزان شاخص‌های رشدی گیاه کاهو با افزایش میزان ویتامین تا سطح ۴۰ میلی‌گرم، افزایش یافت و در مقادیر بالاتر ویتامین دارای کاهش معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

پس از تشکیل کامل برگ جداسازی شد و طول دقیق آنها توسط کولیس مورد سنجش قرار گرفت (FAO, 2014).

#### ۶.۲. روش‌های اندازه‌گیری پیراسنج‌های

##### فیزیکی - شیمیایی آب

غلظت اکسیژن محلول در آب (DO) و دمای آب آب مخازن پرورشی سه بار در هفته به ترتیب با دستگاه اکسیژن متر و دماسنج Lutron مدل DO-5510 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان اکسیداسیون و احیا (ORP) نیز از دستگاه ORP متر پرتابل AZ Instrument مدل ۸۶۵۱ استفاده شد. برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC) و pH، به ترتیب از دستگاه‌های (HANA, HI 8033) و pH سنج Orion (مدل 410A) استفاده شد.

#### ۷.۲. سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی

پس از تعیین شاخص رشد ماهی، جهت اندازه‌گیری پروتئین کل، گلوکوز، کورتیزول، تری‌گلیسرید، کلسترول، آلکالین فسفاتاز و آسپارات آمینوترانسفراز موجود در سرم خون ماهی، ۵ قطعه ماهی از هر مخزن برداشت گردید و به مدت ۱۰ دقیقه ماهی‌ها در محلول ۲۰ گرم بر متر مکعب پودر گل میخک قرار گرفتند و پس از بیهوشی کامل خونگیری از ساقه دمی توسط سرنگهای استریل ۲ میلی‌لیتری انجام شد. نمونه‌ها پس از ۶ ساعت نگه‌داری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و لخته شدن کامل، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس سرم خون توسط سمپلر از روی نمونه‌ها برداشت شد. نمونه‌های سرم توسط دستگاه سنجشگر خودکار شاخص‌های بیوشیمیایی (شرکت هیتاچی، ساخت کشور ژاپن) و کیت‌های ضمیمه‌ای (شرکت پارس آزمون، ساخت ایران) مورد ارزیابی قرار گرفت. کورتیزول نیز به روش الیزا توسط کیت‌های تجاری (شرکت آی بی ال، ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- میانگین شاخص‌های رشد (انحراف معیار ± میانگین) در بین تیمارهای مختلف در پایان آزمایش

شاخص	تیمار	شاهد	T1	T2	T3
وزن اولیه (گرم)		۱۲/۴۳±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۱۲/۵۷±۰/۲۷ <sup>a</sup>	۱۲/۶۰±۰/۲۰ <sup>a</sup>	۱۲/۳۶±۰/۱۸ <sup>a</sup>
وزن نهایی (گرم)		۴۶/۱۹±۳/۲۸ <sup>a</sup>	۴۵/۷۱±۲/۴۹ <sup>a</sup>	۴۶/۵۹±۳/۲۴ <sup>a</sup>	۴۸/۳۷±۲/۵۲ <sup>a</sup>
افزایش وزن نهایی		۲۷۱/۳۵±۲۱/۸۴ <sup>a</sup>	۲۶۳/۵۷±۱۵/۴۶ <sup>a</sup>	۲۶۹/۹۸±۳۰/۷۱ <sup>a</sup>	۲۹۱/۱۴±۱۴/۷۶ <sup>a</sup>
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)		۲/۵۳±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۲/۵۳±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲/۵۴±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۲/۵۸±۰/۰۴ <sup>a</sup>
ضریب تبدیل غذایی		۱/۴۷±۰/۲۱ <sup>a</sup>	۱/۵±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۴۶±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۱/۳۷±۰/۰۹ <sup>a</sup>
نسبت کارایی پروتئین (g/g)		۱/۷۳±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱/۷۰±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۱/۷۵±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۱/۸۵±۰/۱۸ <sup>a</sup>
درصد بقا		۹۳/۳۳±۵/۷۷ <sup>a</sup>	۸۶/۶۶±۵/۷۷ <sup>a</sup>	۹۱/۶۶±۲/۸۸ <sup>a</sup>	۹۶/۳۳±۵/۷۷ <sup>a</sup>

- حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵)

جدول ۲- میانگین (انحراف معیار ± میانگین) شاخص‌های رشد گیاه کاهو در بین تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

تیمارها	طول اولیه برآ (متر)	طول نهایی برآ (متر)	عرض اولیه برآ (متر)	عرض نهایی برآ (متر)	طول نهایی برآ (متر)	طول اولیه بوته (متر)	وزن اولیه بوته (گرم)	وزن نهایی بوته (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	شاهد
T1	۱۰/۰۱±۱۶۴۳ <sup>b</sup>	۱۳/۴±۷/۵ <sup>b</sup>	۱/۳۴±۷/۵ <sup>b</sup>	۲/۵۱±۶۷/۳ <sup>b</sup>	۲/۵۱±۵۲/۳ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۳/۵۸±۱۹/۸۶ <sup>a</sup>	۱/۲۳±۵/۳۰ <sup>a</sup>	۶/۹۵±۶۱/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۲/۸۱ <sup>a</sup>	۰/۴۲±۶۱/۰۹ <sup>a</sup>	۱/۱۹±۵/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۳۸±۲/۶۱ <sup>a</sup>	T1
T2	۷/۶۳±۱۸/۱۳ <sup>b</sup>	۱۱/۵۱±۸/۶۳ <sup>b</sup>	۱/۵۱±۸/۶۳ <sup>b</sup>	۱/۵۲±۷۸/۳ <sup>b</sup>	۱/۵۲±۵۶/۶۶ <sup>b</sup>	۰/۰۴±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۸/۴۹±۳۶/۵۹ <sup>a</sup>	۰/۸۲±۸/۸۹ <sup>a</sup>	۹/۵۶±۳۶/۹۸ <sup>a</sup>	۰/۰۶±۲/۷۹ <sup>a</sup>	۰/۷۲±۵/۷۶ <sup>a</sup>	۰/۵۷±۳/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۰۶±۲/۷۹ <sup>a</sup>	T2
T3	۲/۵۱±۱۷/۶۳ <sup>b</sup>	۱۱/۷۱±۱۳/۸۳ <sup>b</sup>	۰/۸۵±۸/۱۶ <sup>b</sup>	۵/۸۶±۵۶/۳ <sup>b</sup>	۴/۰۴±۵۴/۳۳ <sup>b</sup>	۰/۰۱±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۲/۳۷±۱۴/۵۵ <sup>a</sup>	۰/۲۹±۴/۸۳ <sup>a</sup>	۵/۸۷±۲۴/۴۳ <sup>a</sup>	۰/۰۷±۲/۳۶ <sup>a</sup>	۱/۸۷±۵/۲۸ <sup>a</sup>	۰/۵۸±۳/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۰۷±۲/۳۶ <sup>a</sup>	T3

- حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست (P<۰/۰۵)

### ۳.۳. شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی

با افزایش میزان غلظت ویتامین، پروتئین کل افزایش معنی‌داری یافت و به بیشترین میزان خود در تیمار ۳ (۶۰ میلی‌گرم ویتامین) رسید. سطح گلوکز موجود در سرم خون ماهی در تیمارهای ۲ و ۳ نسبت به تیمار ۱ افزایش معنی‌داری داشت، در حالی که در تیمار ۶۰ میلی‌گرم بیشترین مقدار خود را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (P<۰/۰۵). میزان کورتیزول موجود در سرم خون ماهی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را در بین

تیمارهای موجود نشان نداد (P≥۰/۰۵). به ترتیب کمترین و بیشترین میزان تری‌گلیسرید خون در تیمار ۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین حاصل شد که دارای تفاوت معنی‌دار با سایر تیمارها بودند (P<۰/۰۵). میزان کلسترول موجود در سرم خون در تیمار ۲۰ میلی‌گرم تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد (P<۰/۰۵). محتوای آلکالین فسفاتاز و آسپارات آمینوترانسفراز سرم خون ماهی، در هیچ‌یک از تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان ندادند و از نظر آماری همواره مقدار ثابت بود (P≥۰/۰۵) (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین (انحراف معیار ± میانگین) شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی تیلپیا در بین تیمارهای آزمایشی در پایان دوره آزمایش.

شاخص‌ها	تیمار	شاهد	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
پروتئین کل (میلی گرم بر دسی لیتر)	۴/۸۹±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۴/۶۷±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۴/۹۰±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۴/۹۸±۰/۰۵ <sup>b</sup>	
گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)	۱۰۸/۶۰±۱/۶۳ <sup>a</sup>	۱۰۶/۴۴±۱/۵۹ <sup>a</sup>	۱۲۰/۸۸±۵/۳۹ <sup>b</sup>	۱۲۸/۱۷±۱/۶۱ <sup>ab</sup>	
کورتیزول (میکروگرم بر دسی لیتر)	۲۲۷/۹۳±۳/۵۳ <sup>a</sup>	۲۱۹/۹۹±۷/۴۹ <sup>a</sup>	۲۲۹/۸۰±۸/۳۷ <sup>a</sup>	۲۳۰/۰۷±۶/۲۴ <sup>a</sup>	
تری گلیسرید (میلی گرم بر لیتر)	۲۷۵/۶۸±۷/۳۴ <sup>ab</sup>	۲۸۲/۵۵±۳/۱۹ <sup>a</sup>	۲۹۴/۶۸±۱۶/۳۳ <sup>ab</sup>	۳۰۲/۱۹±۲/۸۳ <sup>b</sup>	
کلسترول (میلی گرم بر لیتر)	۲۰۴/۲۱±۹/۹۱ <sup>b</sup>	۱۸۲/۸۰±۵/۶۹ <sup>a</sup>	۱۹۶/۱۵±۴/۱۳ <sup>b</sup>	۲۰۸/۸۳±۹/۹۱ <sup>b</sup>	
آلکالین فسفاتاز (واحد بر لیتر)	۱۵/۰۳±۲/۰۳ <sup>a</sup>	۱۴/۰۹±۱/۵۹ <sup>a</sup>	۱۵/۴۶±۱/۹۲ <sup>a</sup>	۱۴/۹۷±۲/۵۷ <sup>a</sup>	
آسپاراتات آمینوترانسفراز (واحد بر لیتر)	۲۳۹/۴۴±۸/۵۵ <sup>a</sup>	۲۴۵/۸۴±۶/۵۵ <sup>a</sup>	۲۳۱/۳۹±۹/۸۴ <sup>a</sup>	۲۴۲/۸۰±۱۱/۹۲ <sup>a</sup>	

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهاست (P&lt;۰/۰۵)

#### ۴. بحث

در روش های ارزشیابی داده ها باشد (Halver, 1989; Morris et al., 1998). با افزایش سطح ویتامین، نرخ تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین از لحاظ آماری هیچ تفاوت معنی داری از خود نشان نداد که با نتایج سایرین مطابقت کامل داشت. در تحقیق حاضر با افزایش سطح نیاسین، افزایش وزن ماهی و نرخ کارایی پروتئین و نرخ تبدیل غذایی به صورت جزئی صورت پذیرفت که دلیل این عدم تطابق را می توان به تفاوت در گونه، نرخ تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین تحت تاثیر میزان غذادهی و کارایی بیشتر کپور ماهیان در جذب مواد غذایی نسبت داد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، با افزایش میزان ویتامین نیاسین به میزان ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم غذای خشک افزایش رشد در گیاه کاهو بدست آمد. در تحقیقات مشابه، افزایش میزان ۱۰۰ میلی گرم ویتامین نیاسین باعث رشد قابل توجه ای در دانه و گیاه لوپین مشاهده شد (Ali Shahhat et al., 2014). Awuah و همکاران (۲۰۰۴) از کاهو در مطالعه خود برای تصفیه پساب فاضلاب مداوم استفاده کردند. آنها مشاهده کردند که با رشد کاهو از میزان مواد محلول کل در آب به میزان ۷۰ درصد، از کلیفرم ۹۹ درصد، از نرخ مصرف اکسیژن توسط میکروارگانیسم ها ۹۳ درصدی، از نرخ مصرف شیمیایی اکسیژن ۵۹ درصد، از نیترات ۷۰ درصد، از

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، افزایش سطوح ویتامین نیاسین به غذا، باعث تغییر معنی داری در افزایش وزن ماهی نشد و متعاقب آن سایر عملکردهای رشد ماهی از قبیل درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نرخ تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین نیز تغییر معنی داری را در سطوح مختلف ویتامین نشان نداد. براساس تحقیقاتی که توسط (Morris et al., 1998) و همچنین (Shaik Mohamed and Ibrahim, 2001) روی گربه ماهی روگامی (*Heteropneustes fossilis*) صورت گرفت، ویتامین B<sub>3</sub> روی رشد ماهی تأثیرگذار است. با توجه به تحقیق صورت گرفته توسط (Ahmed, 2011) مشخص شده است که دوزهای مشخص ویتامین B<sub>3</sub> بر رشد دو نوع کپور (*Labeo rohita mrigala* و *Cirrhinus*) تأثیر مثبت دارد. این عدم تطابق بین یافته ها را می توان به شرایط پرورش (شرایط آزمایشگاهی و درجه حرارت، سرعت جریان آب و سایر عوامل محیطی) و همچنین در روش استفاده از ویتامین، ماهیت منابع پروتئین سالم در رژیم غذایی تیمارها، تفاوت در اندازه، سن، گونه و ترشحات گیاه موجود در سیستم نسبت داد. گزارش شده است که دلیل تغییرات زیاد در مورد نیاسین در مورد گونه های مختلف احتمالاً ناشی از استفاده معیارهای نابرابر



نیاسین بر روی این فاکتورها موثر نبوده و تنها افزایش هزینه را برای پرورش دهنده به دنبال خواهد داشت. در تحقیقی که روی تیلاپپای نیل (*Oreochromis niloticus*) انجام گرفته است، مشخص شد که با افزایش سطح نیاسین (۳۶/۸ میلی گرم بر کیلوگرم غذا) سطح کلسترول و تری گلیسرید خون تغییر معنی‌داری داشت که با تحقیق حاضر مطابقت دارد (Huang et al., 2013). محققان دیگر نشان داده اند که نیاسین می‌تواند با نفوذ بر متابولیسم چربی خون، محتوای چربی خون را کاهش دهد (Zak et al., 2006). بررسی تاثیر سطوح مختلف ویتامین B<sub>3</sub> در آب نشان داد که با افزایش سطوح ویتامین B<sub>3</sub>، محتوای گلوکز موجود در سرم خون ماهی تیلاپپای نیل به شکل معنی‌داری افزایش می‌یابد. این موضوع یکی از مهم‌ترین وظایف ویتامین B<sub>3</sub> در بدن، فعال کردن آنزیم‌های لازم برای سوخت و ساز قند در بدن محسوب می‌شود (Kirkland et al., 2014)، گلوکز موجود در سرم خون ماهی تحت تأثیر تغییرات سطوح ویتامین B<sub>3</sub>، تغییرات معنی‌داری را در روند افزایشی سطوح گلوکز نشان داد. از طرفی دیگر افزایش سطوح گلوکز سرم خون در تیمارهای آزمایشی به نسبت تیمار شاهد، ممکن است یک پاسخ استرسی نیز باشد. بدن ماهی به دلیل تحمل استرس حاصل از فرایند ویتامین‌دهی هفتگی، سطح انرژی در دسترس بدن را بالا خواهد برد. در ضمن محتوای کورتیزول سرم خون در تیمارهای شاهد، ۲۰ میلی‌گرم، ۴۰ میلی‌گرم و ۶۰ میلی‌گرم ویتامین B<sub>3</sub> در هر لیتر آب تغییرات معنی‌داری را نشان نداد. طبق یافته‌های (Wendelaar Bonga, 1997)، مسیر پاسخ استرسی در نهایت موجب افزایش گلوکز خون و انرژی در دسترس بدن می‌شود، در این شرایط، ابتدا آزادسازی کورتیزول شروع می‌شود. این موضوع ثابت می‌کند که افزایش سطوح گلوکز سرم خون در ماهیان در این آزمایش، پاسخ استرسی ناشی از شرایط آزمایشگاهی نبوده است و صرفاً تحت تاثیر افزایش سطوح ویتامین B<sub>3</sub> موجود در آب، گلوکز افزایش یافته است. تغییرات سطوح ویتامین در آب،

فسفر کل ۳۳ درصد و از آمونیاک ۹۵ درصد کاسته خواهد شد. در تحقیقاتی دیگر، با توجه به اینکه جذب آب از طریق ریشه کاهو صورت می‌گیرد و کاهو خود حاوی ۹۶ درصد آب است، ویتامین C بطور ساده از طریق آب به کاهو قابل انتقال است و ویتامین C می‌تواند به رشد سریع گیاهان کمک کند. سطح بهینه برای شاخص‌های رشد گیاه کاهو از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه و وزن خشک ریشه در ۴۰ میلی‌گرم ویتامین نیاسین محاسبه شد که با نتایج محققین مطابقت داشت (Cooper et al., 1982). طبق گزارش Aoi و Hayashi (۱۹۹۶)، کاهو یون‌های آمونیوم را از آب جذب می‌کند، زیرا آمونیوم (NH<sub>4</sub>-N) قبل از نترات (NO<sub>3</sub>-N) به عنوان منبع نیتروژن جذب می‌شود ولی مصرف NO<sub>3</sub>-N در درجه اهمیت بعدی قرار دارد و در حضور این یون‌ها در آب ابتدا NH<sub>4</sub>-N جذب می‌شود. Ingersoll و Baker (۱۹۹۸) گزارش دادند که بازده حذف نترات کاهو آب از ۳۱ تا ۵۱ درصد متغیر است.

کمترین میزان پروتئین کل موجود در سرم خون ماهی تیلاپپای نیل، در تیمار یک ثبت شد و در سایر تیمارها افزایش معنی‌داری یافت شد. هر دو آنزیم (NAD) و (NADP) به عنوان دهنده و گیرنده هیدروژن در آزاد کردن انرژی از هر سه ماده مغذی انرژی زا (کربوهیدرات، چربی و پروتئین) دخالت دارند (Otten et al., 2006). میزان تری گلیسرید خون نیز در تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در این بررسی کمترین میزان تری گلیسرید مربوط به تیمار ۱ بود که ناشی از تاثیر ویتامین بیشتر می‌تواند باشد. با توجه به نتایج تیمار شاهد و کاهش میزان کلسترول در این تیمار می‌تواند اذعان نمود که نوع بافت بدن و خصوصیات ماهی می‌تواند در این امر دخیل باشد. بیشترین میزان تری گلیسرید مربوط در تیمار سه ثبت شد. این تغییرات نشان دهنده دامنه اثر این ویتامین در کاهش میزان کلسترول خون است که تابع نوع و خصوصیات فیزیولوژیکی مقدار مصرف آن می‌تواند تغییر کند. می‌توان گفت سطوح بالای ویتامین

(Molina *et al.*, 2005). با توجه به عدم تغییر این شاخص‌ها و رشد و رفتار مناسب ماهی هنگام غذا گیری و تاثیر مثبت ویتامین در شاخص‌های رشد گیاه کاهو، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش سطوح مختلف ویتامین به غذا باعث کارایی بیشتر سیستم کشت توام ماهی و گیاه کاهو در سازگان یا سیستم مدار بسته می‌شود.

در سطوح مختلف آلکالین فسفاتاز و آسپاراتات آمینوترانسفراز تغییر ایجاد نکرد و با یافته‌های (Hilton, 1989) کاملاً مطابقت داشت. افزایش سطوح آنزیم آلکالین فسفاتاز و آسپاراتات آمینوترانسفراز در ماهی‌ها به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی آسیب بافتی و بخصوص آسیب کبدی تلقی می‌شود

## References

## ۵. منابع

- Abdel-Tawwab, M.; Abdel-Rahman, A.M. and Ismael, N.E., 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for Fry Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture* 280(1-4), 185-189.
- Ahmed, I., 2011. Effect of dietary niacin on growth and body composition of two indian major carps rohu, *Labeo rohita* and mrigal, *Cirrhinus mrigala* (hamilton), fingerlings based on dose-response study. *Aquaculture International* 19(6), 567-584.
- Ali Shahhat I. M.; Ghazal G. M.; Mohamed Gh. S., 2014. Effect of Ascorbic acid and Niacin on Protein, Oil Fatty Acids and Antibacterial Activity of Lupinus termis Seeds. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 2014-15 6(4), 866-873.
- Aoi T. and Hayashi T. 1996. Nutrient removal by water lettuce (*Pistia stratiotes*). *Water Science and Technology* 34(7-8), 407-412.
- Auwah E., Oppong-Peprah M., Lubberding H.J. and Gijzen, H.J. 2004. Comparative performance studies of water lettuce, duckweed and algal-based stabilization ponds using low-strength sewage. *Journal of the Toxicology and Environmental Health* 67(20-22), 1727-1739.
- Blidariu F., Grozea A. 2011. Increasing the economic efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies* 44(2), 1-8.
- Cooper J.L., Hilton B. L., Arditti J., Tarr J. B. 1982. Niacin biosynthesis in leaf-disks and seedlings of cattleya-skinneri (*Orchidaceae*). *New Phytologist Trust* 91(4), 621-628.
- FAO 2007. Media Fact Sheet Aquaculture in China and Asia. Retrieved May. 2007. 861-869.
- FAO, 2014. Small-scale aquaponic food production. Food and agriculture organization of the United Nations.
- Goddek S., Delaide B., Mankasingh U., Ragnarsdottir K., Jijakli H., and Thorarinsdottir R. 2015. *Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics*. *Sustainability* 7 (4), 4199-4224.
- Halver, J.E., 1989. The vitamins. In: Halver JE Fish nutrition. 2nd. Academic Press, New York. 32-102.
- Han Y., Wang J., Zhao Z., Chen J., Lu H., and G Liu. 2017. Fishmeal Application Induces Antibiotic Resistance Gene Propagation in Mariculture Sediment. *Environmental Science and Technology* 51(18), 10850- 10860.
- Hilton J.W. 1989. The interaction of vitamins, minerals and diet composition in the diet of fish. *Aquaculture* 79(1-4), 223-244.
- Huang, F.; Wen, H.; Wu, F.; Jiang, M.; Liu, W.; Tian, J. and Shao, H., 2013. The dietary niacin requirement of large GIFT tilapia. *Journal of South China Agricultural University* 34(2), 235-240.
- Ingersoll T., and Baker L.A. 1998. Nitrate removal in wetland microcosms. *Water research* 32(3), 677-684.
- Jiang M., Huang F., Wen H., Yang Ch., Wu F., Liu W., Tian J. 2014. Dietary Niacin Requirement of GIFT Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Reared in Freshwater. *Journal of the World Aquaculture Society* 45(3), 333-341.

- Kasumyan, A.O., 1999. Olfactory taste senses in sturgeon behavior. *Journal of Ichthyology* 15, 228-232.
- Kirkland JB. Niacin. In: Zempleni J, Suttie JW, Gregory JF III, Stover PJ. 2014. editors Handbook of vitamins. 5th edition Boca Raton (FL): CRC Press, 149-90.
- Kitabayashi K., Kurata H., Shudo K., Nakamura K. and Ishikawa S. 1971. Studies of formula feed fokuruma prawn: I. On the relationship among glucosamine, phosphorus and calcium. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory* 65, 91-107.
- Lovell, R.T., 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York. 260.
- Lu, M and Wang, M., 2016. Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research* 47(8), 2363-2374.
- McMurtry J.A. and Croft B.A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol. Annual Review of Entomology* 42(1), 291-321.
- Molina R.V., Valero M., Navarro Y., Guardiola J.L. and García-Luis A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103(3), 361-379.
- Morris, P.C.; Backer, R.T.M. and Davies, S.J., 1998. Nicotinic acid supplementation of diets for the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Aquaculture Research* 29(11), 791-799.
- Mulabagal V., Ngouajio M., Nair A., Zhang, Y., Gottumukkala A. and Nair, M. 2010. In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chemistry Journal* 118, 300-306.
- Otten JJ, Pitz Hellwig J, Meyers LD. 2006. Dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements. Washington (DC): The National Academy Press, 262-9.
- Rafiee G., Saad C.R. 2005. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244(1-4), 109-118.
- Rakocy J., Shultz R.C., Bailey D.S., Thoman E.S. 2003. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648, 63-69.
- Rakocy J.E., Baily D.S., Martin J.M., Shultz K.A. 2000. Tilapia production systems for the Lesser Antilles and other resource-limited, tropical area. Tilapia Aquaculture in the 21st century, Proceeding from the fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture, 651-662.
- Shaik Mohamed, J. and Ibrahim, A., 2001. Quantifying the dietary niacin requirement of the Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), and fingerlings. *Aquaculture Research* 32(3), 157-162.
- Sinyakov M.S., Dror M., Zhevelev H.M., Margel S., Avtalion R.R. 2002. Natural antibodies and their significance in active immunization and protection against a defined pathogen in fish, *Vaccine*, 20(31), 3668-3674.
- Wendelaar Bonga S.E. 1997. The stress response in fish. *Physiological Reviews* 77(3), 591-625.
- Zak, A.; Zeman, M.; Vecka, M. and Tvrzicka, E., 2006. Nicotinic acid: an unjustly neglected remedy. *Casopis českého lékařnictva*. 145(11), 825-831.
- Zou Y., Hu Z., Zhang J., Xie H., Liang S., Wang J., Yan R. 2016. Attempts to improve nitrogen utilization efficiency of aquaponics through nitrifies addition and filler gradation. *Environmental Science and Pollution Research* 23(7), 6671-6679.

