Archive of SID

تأثیر افزودن ویتامین C به آب در یک سازگان توأم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*) و بررسی عملکردی رشد گیاه و ماهی

- **عرفان سلمرودی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **غلامرضا رفیعی***: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **کامران رضایی‌توابع**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثر افزودن ویتامین C به آب و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد وایمنی در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و گیاه کاهو (*Lactuca sativa*)، در یک سازگان توأم ماهی و گیاه ، تعداد ۹۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ۱/۵±۴۵/۰۰گرمی و ۲۶۰ عدد نشا کاهو به‌شکل کاملاً تصادفی به ۹ واحد آزمایشی وارد شدند. تیمارها تحت تأثیر ۰، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر ویتامین C به‌مدت ۶۰روز قرار گرفتند. درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه، نرخ تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین در تیمار ۳۰ میلی‌گرم ویتامین C، اختلاف معنی‌داری را در انتهای دوره آزمایش درمقایسه با سایر تیمارها نشان داد (P<۰/۰۵). شاخص‌های رشد گیاه کاهو از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بوته، وزن‌تر بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه و وزن خشک ریشه در بین تیمارها فاقد تفاوت معنی‌دار بود (P≥۰/۰۵) اما شاخص وزن تر ریشه گیاه کاهو دارای تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی نیز نشان داد با افزایش سطح ۱۵ میلی‌گرم ویتامین C در هر لیتر، بیش‌ترین غلظت متوسط هموگلوبین داخل گلبول قرمز (MCHC) به‌مقدار۰/۷۳ ± ۳۴/۱۳ گرم بر دسی‌لیتر خون ماهی را نشان می‌دهد که این مقدارنسبت به تیمارهای دیگر معنی‌دار بود.سایر شاخص‌های خونی از قبیل هماتوکریت (Hct)، حجم متوسط گلبولی (MCV)، هموگلوبین (HGB)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و میانگین هموگلوبین گلبولی (MCH) فاقد تفاوت معنی‌دار بودند (P≥۰/۰۵). نتایج این آزمایش نشان داد با افزودن ۱۵ تا ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر ویتامین C به آب، مقدار غلظت متوسط هموگلوبین داخل گلبول قرمز (MCHC) در خون ماهی تغییر می‌کند و رشد ماهی و گیاه نیز بیش‌تر می‌شود.

کلمات کلیدی: ویتامین C، رشد گیاه کاهو، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، آکواپونیک

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghrafiee@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در صنعت آبزی‌پروری، به‌منظور حفظ کیفیت آب برای رشد ماهی، نیاز به تعویض آب روزانه امری ضروری است. مطالعات نشان داده است که پس‌آب‌آبزی‌پروری شامل مواد دفعی ماهی، متابولیت‌ها، خوراک باقی‌مانده، آنتی‌بیوتیک‌ها و غیره است (Klinger و Naylor، ۲۰۱۲). در صورت عدم مدیریت هوشمندانه، بار زیادی از مواد آلی باعث‌آلودگی محیط‌های پرورشی شده و در نهایت به محیط‌های آبی دریافت‌کننده پساب پرورش ماهی و آبزیان آسیب می‌زند. به‌منظور جلوگیری از تشدید مشکلات زیست محیطی، روش‌ها و سازگان‌های زیادی برای کاهش بار آلودگی ارایه شده است. در حال حاضر از بین روش‌های مهم تصفیه آب و به‌کارگیری مجدد آب برای پرورش ماهی، مانند استفاده از فیلترهای مکانیکی، فیلترهای زیستی باکتریایی و سیستم‌های متکی بر تولیدرشته‌های زیستی یا بیو فلاک و سیستم‌های ترکیبی، سیستم‌های پرورش توأم ماهی و گیاه یا آکواپونیک (Aquaponic) به‌عنوان یک سامانه یا سیستم سازگار با محیط زیست و متکی بر فرایندهای زیستی مطرح است (Rakocy و همکاران، ۲۰۰۳). سازگان پرورش توأم گیاه و آبزیان یا آکواپونیک به‌عنوان عاملی تعریف شده است که به‌طور موثر بر کاهش اثرات نامطلوب آبزی‌پروری بر محیط‌زیست تاثیر دارد (Rafiee و Saad، ۲۰۰۵). در آکواپونیک، آب حاوی مواد مغذی و فضولات آبزیان، به‌عنوان مواد مغذی به مصرف گیاهان می‌رسد و در نهایت پساب تولیدی ماهی با تصفیه شدن، دوباره برای ماهی‌های پرورشی استفاده می‌شود (Rafiee و Saad، ۲۰۰۵؛ Zou و همکاران، ۲۰۱۶).یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های سیستم پرورش آکواپونیک صرفه اقتصادی این سیستم برای پروش آبزیان و گیاهان به شکل توأم می‌باشد. برآورد شده است که در این سیستم حدود ۲۳٪ هزینه‌های برق و ۱۱ درصد هزینه‌های غذای ماهی کاهش می‌یابد (Blidariu و Grozea، ۲۰۱۱) در این سامانه پرورشی مشخص شده است که ورود ویتامین‌ها به آب، با تاثیر بر رشد گیاه و ماهی می‌تواند نقشی مهم را در افزایش کارایی سامانه پرورشی داشته باشد. زیرا، هم گونه آبزی و هم گونه گیاهی نیاز به این ویتامین‌ها دارند (Menezes و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از ویتامین‌های مهم جهت پرورش گیاه و آبزی، ویتامین C (اسید آسکوربیک) است. اسید اسکوربیک در بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی موجود در موجودات زنده دخیل است. نقش آن در سنتز کلاژن در بافت هم‌بند شناخته شده است. عدم وجود بهبود زخم و اتصال شکستگی‌ها در گذشته از کمبود یک ماده شناخته شده است. هم‌چنین این ویتامین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان نقش بسیار مهمی در حفاظت از دیواره سلولی دارد (Sandnes و همکاران، ۱۹۹۴). ویتامین C نیز نقش مهمی در بهبود شاخص‌های ایمنی، افزایش مقاومت در برابر استرس و بیماری‌ها، تنظیم برخی توانایی‌های رفتاری ماهی (حرکت گله‌ای) ایفا می‌کند (Arab و Rajabi Islami، ۲۰۱۵). یکی از گونه‌های آبزی که خصوصیات مناسبی جهت پرورش در سازگان آکواپونیک دارد، ماهی‌قزل‌آلای‌رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) است (Lennard و Leonard، ۲۰۰۶). قزل‌آلای رنگین‌کمان دارای ویژگی‌های مثبت، مانند غذاگیری مناسب، رشد سریع، مقاومت در برابر بیماری‌ها و تولید قابل اطمینان در شرایط مزرعه است و به‌همین علت پرورش آن به‌عنوان یک گونه پرورشی توسعه بیش‌تری یافته است و یکی از ماهیان پرتولید در صنعت آبزی‌پروری است که با توجه به کیفیت گوشت و بازارپسندی به‌عنوان یک گونه ارزشمند در میان ماهیان سردآبی پرورشی محسوب می‌شود (Hebb و همکاران، ۲۰۰۳). ترکیب آبزی‌پروری با تکنیک هیدروپونیک می‌تواند با کاهش آلودگی و افزایش سودآوری از طریق مصرف آب کم‌تر، علاوه بر پرورش ماهی (McMurtry و Croft، ۱۹۹۷)، تولید محصولات جانبی را شامل شود (Rakocy و همکاران، ۲۰۰۰). گیاهان در سیستم‌های مدار بسته، می‌توانند به‌منظور کاهش نگرانی در مورد پساب خروجی ماهی استفاده شوند (Han و همکاران، ۲۰۱۷). نشان داده شده است که گیاهان آکواپونیک، از مواد مغذی ورودی به‌طور مؤثرتری نسبت به سایر سیستم‌های رشد استفاده می‌کنند، این موضوع ناشی از این واقعیت است که گیاهان آکواپونیک بدون افزودنی‌هایی موجود در کودهای شیمیایی تولید می شوند (FAO، ۲۰۰۷). پساب ماهی همه عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه از قبیل نیترات، فسفر و پتاسیم را فراهم می‌کند (Goddek و همکاران، ۲۰۱۵). گیاه کاهو با نام علمی *Lactuca sativa* از تیره کاسنی‌ها Asteraceae (Compositae) و دارای واریته‌های مختلف است. با توجه به شرایط محیطی مناسب برای کشت گیاه کاهو، به‌خصوص شرایط دمایی مناسب، این گیاه می‌تواند قابل ارایه برای حضور در سازگان آب‌کشت در گلخانه باشد. داده‌ها نشان می‌دهد که این گیاه را می‌توان به‌عنوان گونه گیاهی مناسب جهت کشت توأم گیاه و آبزی به‌کار برد، بنابراین، به‌عنوان یکی از گزینه‌های مناسب جهت پرورش در سازگان کشت توأم آکواپونیک قابل طرح است (Mulabagal و همکاران، ۲۰۱۰). مطابق آمارهای فائو، تولید تیپ‌های مختلف کاهو طی دو دهه اخیر در دنیا از نظر رشد افزایش سطح زیرکشت پس از ذرت، برنج، سیب زمینی و گوجه فرنگی در رتبه پنجم جهانی قرار گرفته است (FAO، ۲۰۰۷). در راستای افزایش کارایی رشد گیاه و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب، استفاده از ویتامین‌های مختلف در سازگان آکواپونیک می‌تواند امری بسیار مفید و ضروری تلقی گردد. با توجه به شرح بالا و نیاز به

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثر ویتامین C در کشت توأم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و گیاه کاهو، در راستای افزایش کارایی سیستم پرورش توأم ماهی و گیاه، در این پژوهش تأثیر ویتامین C در سیستم توأم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تعداد ۹۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۱/۵±۴۵/۰۰ از یک مرکز پرورشی خصوصی در روستای 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 به‌منظور سازگاری با شرایط محیطی جدید به‌مدت یک هفته در مخازن ۱۰۰۰ لیتری فایبرگلاس در فضای آزاد با دورهٔ نور طبیعی و تعویض آب روزانه ۲۰ درصد نگه‌داری شدند که در طی این مدت با غذای تجاری قزل‌آلای رنگین‌کمان (شرکت ساخت غذای آبزیان فرادانه، ۳۹ درصد پروتئین، ۱۱ درصد چربی و ۱۵ درصد کربوهیدرات) طی دو نوبت در روز راس ساعت ۰۷:۰۰ و ۱۹:۰۰ به‌میزان ۲ درصد وزن بدن تغذیه شدند. پس از پایان دورهٔ سازگاری، جهت شروع آزمایش ماهی‌ها به‌طور تصادفی در ۹ مخزن فایبرگلاسی ۳۰۰ لیتری توزیع شدند (۱۰ ماهی در هر واحد) و تحت اثر تیمارهای آزمایش قرار گرفتند.

طرح و واحدهای 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 قرار داده شد و از طریق یک پمپ مکشی، آب از مخزن پرورش ماهی وارد مخزن نگه‌داری گیاه گردید. روی هر مخزن گیاه، یک صفحه یونولیتی قرار گرفت . هر صفحه دارای ۲۰ حفره جهت قرار گرفتن گلدان‌های کشت گیاه کاهو بود. در هر حفره یک عدد گلدان پلاستیکی حاوی نشاء کاهو بود که هر یک در داخل، یک حفره در صفحه یونولیتی قرار داده 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 دورهٔ آزمایش ۶۰ روز بود و هیچ‌گونه تعویض آبی در هیچ‌یک از مخازن آب در طول دوره پرورش (به‌جز ۱۰ لیتر آب که به‌طور هفتگی برای جبران تبخیر اضافه شد) صورت نگرفت. تیمارهای آزمایش را سطوح مختلف ورودی ویتامین C به‌شرح زیر تشکیل دادند: تیمار (۱): سیستم پرورشی بدون ورود ویتامین C، تیمار (۲): سیستم پرورشی با ورود ۱۵ میلی‌گرم ویتامین C، تیمار (۳): سیستم پرورشی با ورود ۳۰ میلی‌گرم ویتامین C

افزودن ویتامین: ویتامین C مورد استفاده در این تحقیق از شرکت‌داروسازی Merck آلمان تهیه گردید. سطوح مختلف ویتامین (۰، ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت هفتگی به آب افزوده شد.

سنجش شاخص‌های رشد: در پایان دورهٔ آزمایش، غذادهی برای مدت ۲۴ ساعت متوقف گردید و پس از آن تمام ماهیان هر مخزن برداشت شدند و جهت آرام‌سازی به‌مدت ۵ دقیقه در محلول ۲۰۰ میلی‌گرم درلیتر پودر گل میخک قرار گرفتند (Torrecillas و همکاران، ۲۰۱۱). در انتها وزن و طول تمام ماهی‌ها اندازه‌گیری شد وشاخص‌رشدوبقاء توسط فرمول‌های‌زیر محاسبه گردید (Kitabayashi و همکاران، ۱۹۷۱):

درصد افزایش وزن (گرم) =

[(میانگین وزن نهایی- میانگین وزن اولیه)/میانگین وزن اولیه]×۱۰۰

ضریب رشد ویژه (درصد در روز) =

(لگاریتم طبیعی وزن نهایی - لگاریتم طبیعی وزن اولیه) / تعداد روزها

ضریب تبدیل غذایی = گرم غذای خورده شده / گرم افزایش وزن

ضریب کارایی پروتئین = گرم افزایش وزن / گرم پروتئین دریافتی

درصد بقاء = (تعداد نهایی ماهیان- تعداد اولیه ماهیان) × ۱۰۰

شاخص‌های رشد گیاه کاهو: در پایان دورهٔ آزمایش تمامی لیوان‌ها از آب خارج گردید، محتویات و خاک درون‌شان تخلیه شد و به‌وسیله آبشویی به‌شکل 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 بوته‌ها، وزن ریشه‌ها و طول برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین در طول آزمایش، پس از شکوفایی کامل برگ و گل‌دهی جداسازی شد و طول دقیق آن‌ها توسط کولیس مورد سنجش قرار گرفت.

سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی: در پایان دورهٔ آزمایش،ماهیان‌زیست‌سنجی و خون‌گیری (سیاهرگ ساقه دمی) شدند، به این صورت که از هر تیمار سه ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. تغذیه ماهیان ۲۴ ساعت قبل از خون‌گیری قطع شد و سپس ماهیان در محلول پودر گل میخک به‌میزان ۲۰۰ پی‌پی‌ام بی‌هوش شدند و خون‌گیری از سیاهرگ ساقه دمی آن‌ها با استفاده از سرنگ ۲/۵ میلی‌متری میزان ۱/۵ سی‌سی انجام شد (Torrecillas و همکاران، ۲۰۱۱). شاخص‌های بیوشیمیایی خون شامل هماتوکریت (Hct)، هموگلوبین (Hb)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)، متوسط هموگلوبین گلبولی (MCH)، حجم متوسط گلبولی (MCV) و غلظت متوسط هموگلوبین داخل گلبول قرمز (MCHC) (Henry، ۱۹۹۶) آنالیز و اندازه‌گیری شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل‌های آماری: ابتدا نرمال‌بودن تمام داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک سنجش گردید و سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای تعیین سطح معنی‌داری ($P<0/05$) میانگین داده‌ها بین تیمارها استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین± انحراف معیار ارائه گردید. برای تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها، از نرم‌افزار تحت ویندوز SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد.

نتایج

عملکرد رشد و بقاء ماهی: شاخص‌های رشد از قبیل درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه، نرخ تبدیل غذایی و نرخ کارایی پروتئین ماهیان تغییر معنی‌داری را در بین تیمارهای ۳ با ۱و ۲ نشان داد ($P<0/05$). نرخ بقاء با افزایش ویتامین C افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P\geq0/05$)(جدول ۱).

عملکرد رشد گیاه کاهو: شاخص‌های رشد از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه و وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان ندادند ($P\geq0/05$). اما وزن تر ریشه بین تیمار ۳ با تیمار ۱و۲ اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$)(جدول ۲).

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون‌ماهی: شاخص‌های خونی دراین‌تحقیق شامل هماتوکریت(Hct)، حجم متوسط گلبولی (MCV)، هموگلوبین (HGB)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و هموگلوبین گلبولی (MCH) فاقد تفاوت معنی‌دار بودند ($P\geq0/05$). اما غلظت متوسط هموگلوبین داخل گلبول قرمز(MCHC) در تیمار ۲ نسبت به تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$)(جدول ۳).

جدول ۱: شاخص‌های رشد ماهی در بین تیمار های آزمایش در پایان دوره.

تیمارها	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	درصد افزایش وزن نهایی	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	ضریب تبدیل غذایی	نرخ کارایی پروتئین	درصد بقا
۱	۴۵/۳۹±۰/۱۹^a	۸۴/۹۰±۵/۴۹^a	۸۷/۰۳±۱۱/۳۳^a	۲/۶۵±۰/۱^a	۲/۰۸±۰/۰۳^a	۱/۱۹±۰/۱۷^a	۵۰±۲۶/۴۵^a
۲	۴۵/۳۳±۰/۰۴^a	۸۵/۸۰±۸/۸۵^a	۸۹/۱۷±۸/۴۸^a	۲/۶۵±۰/۱۷^a	۲/۰۸±۰/۵۱^a	۱/۲۱±۰/۲۹^a	۷۰±۱۷/۳۲^a
۳	۴۵/۲۶±۰/۱۹^a	۱۱۰/۴۳±۵/۲۲^b	۱۴۴/۶۱±۱۱/۵۴^b	۳/۰۲±۰/۰۶^b	۱/۲۵±۰/۰۹^b	۰/۷۱±۰/۰۵^b	۸۳/۳۳±۵/۷۷^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P<0/05$).

جدول ۲: شاخص‌های رشد گیاه در بین تیمارهای آزمایش در پایان دوره

تیمار ها	طول اولیه برگ (میلی‌متر)	طول نهایی برگ(میلی‌متر)	عرض اولیه برگ (میلی‌متر)	عرض نهایی برگ (میلی‌متر)	طول اولیه بوته (سانتی‌متر)	طول نهایی بوته (سانتی‌متر)	وزن اولیه بوته (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)	طول ریشه (سانتی متر)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
۱	۲۱/۳۳±۱/۱۵^a	۱۵۶/۶±۲/۹۲^a	۱۰/۶۶±۰/۵۷^a	۵۹/۶۶±۱۳/۴۲^a	۳/۰۳±۰/۲۵^a	۴۵±۵^a	۰/۱۱۶±۰/۰۰۱^a	۱۶/۱۹±۶/۲۸^a	۵/۴۷±۲/۸۱^a	۳۵/۰۶±۴/۹۰^a	۴/۲۵±۱/۴۲^a	۰/۹۹±۰/۹۷^a
۲	۲۰/۶۶±۰/۵۷^a	۱۲۷/۶±۱/۰۷^a	۱۰±۱^a	۵۷/۶۶±۴/۹۳^a	۳/۱۳±۰/۰۵^a	۵۱/۳۶±۲/۵۱^a	۰/۱۱۷±۰/۰۰۶^a	۱۹/۷۶±۷/۲۰^a	۶/۱۲±۲/۱۹^a	۳۶/۹۸±۹/۵۶^a	۴/۷۶±۰/۳۲^a	۰/۷۹±۰/۰۶^a
۳	۲۰/۳۳±۱/۵۲^a	۱۳۷/۶±۲^a	۱۰/۳۳±۰/۵۷^a	۴۹/۳۳±۸/۳۲^a	۲/۹۶±۰/۰۵^a	۴۰/۶۶±۹/۲۹^a	۰/۱۱۵±۰/۰۰۲^a	۱۳/۴۱±۲/۵۲^a	۳/۵۳±۱/۳۰^a	۲۹/۳۳±۵/۱۳^a	۲/۳۱±۰/۴۲^b	۰/۲۸±۰/۰۸^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P<0/05$).

جدول ۳: شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی در بین تیمارهای آزمایش پایان دوره

تیمار ها	RBC (میلی‌متر مکعب در 10^6)	HGB (گرم در دسی لیتر)	HCT (درصد)	MCV (میکرومتر مکعب)	MCH (پیکوگرم)	MCHC (گرم در دسی لیتر)
۱	۱/۰۹±۰/۲۱^a	۸/۰۶±۲^a	۲۵/۳۶±۵/۷۶^a	۲۳۱±۷/۲۱^a	۷۳/۳۰±۴/۰۷^a	۳۱/۶۳±۰/۷۵^a
۲	۰/۹۷±۰/۰۲^a	۸/۰۳±۰/۳۰^a	۲۳/۱۶±۱/۸۷^a	۲۲۸/۳۳±۱/۵۲^a	۷۶/۸۶±۱/۴۳^a	۳۴/۱۳±۰/۷۳^a
۳	۱/۱۰±۰/۲۵^a	۸/۵۳±۲/۲۳^a	۲۶/۲۰±۴/۶۹^a	۲۳۷/۳۳±۷/۰۲^a	۷۷/۵۶±۳/۲۵^a	۳۲/۶۶±۰/۴۷^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($P<0/05$).

بحث

این تحقیق با هدف ارزیابی اثر بهبوددهندگی‌ویتامین Cدر ماهی قز ل‌آلای رنگین‌کمان و در سیستم مدار بسته آکواپونیک با تجزیه و تحلیل عملکرد رشد و بقاء صورت پذیرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش سطوح ویتامین C، افزایش قابل توجهی در بهبود شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ایجاد می‌شود. با توجه به این‌که میزان افزایش‌وزن و درصد افزایش آن با افزایش دوز ویتامین رابطه مستقیمی نشان داد، این موضوع نشان‌دهنده افزایش سطوح

www.SID.ir

Archive of SID

مورد نیاز این ویتامین جهت رشد طبیعی تحت شرایط استرسی می‌باشد و با نتایج آزمایش Sarma و همکاران (۲۰۰۹) که نشان‌دهنده افزایش سطوح مورد نیاز ماهی به این ویتامین جهت رشد طبیعی تحت شرایط استرسی است هم‌خوانی دارد. فعالیت ضداسترسی ویتامین C به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان، به‌خوبی شناخته شده است. اغلب گونه‌های ماهی نمی‌توانند ویتامین C تولید کنند و برای رفع نیازشان، وابسته به منابع غذایی دریافتی هستند. پژوهش‌ها نشان داده است که نیاز به ویتامین C برای رشد طبیعی و بقا در ماهی، نسبتاً کم است، ولی زمانی‌که ماهی تحت شرایط استرس به‌خصوص در سطح بالایی قرار می گیرد، مقادیر بالایی از این ویتامین را نیاز دارد (Sarma و همکاران، ۲۰۰۹). از دیگر عوامل مهم و تاثیرگذار بر صنعت آبزی‌پروری به‌ویژه از حیث اقتصاد پرورش، ضریب تبدیل غذایی است. بسیاری از پژوهش‌کنندگان به‌دنبال راهکارهایی هستند که با تنظیم جیره غذایی ضریب تبدیل غذایی را کاهش دهند. این کار با تغییر کیفیت فیزیکی‌و بیوشیمیایی در جیره به‌دست آمده است. در این پژوهش با افزایش میزان ویتامین C در جیره غذایی، میزان رشد ماهی افزایش نشان داد و ضریب تبدیل غذایی نیز دارای کاهش معنی‌دار بود. بنابراین، با افزایش رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی در سیستم پرورشی، کاهش آلودگی آب محیط پرورش نیز به جهت کاهش میزان غذادهی حاصل شد که این موضوع در ماهیان تحت استرس به‌سبب اختلال در وضعیت متابولیکی آن‌ها اهمیت بیش‌تری می‌یابد. عامل دیگری که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت، میزان درصد بقاء بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. علت معنی‌دار نبودن این عامل را می‌توان به عملکرد نوع سیستم پرورشی نسبت داد. در این پژوهش سیستم پرورشی سازگان توأم طراحی شده برای ماهی و کاهو یا سیستم آکواپونیک بود.

Zhou و همکاران (۲۰۱۲)، اثر مقادیر مختلف ویتامین C را بر عملکرد رشد و ایمنی اولیه ماهی کوبیای جوان (*Rachycentron canadum*) مورد بررسی قرار دادند. هفت تیمار آزمایشی شامل صفر، ۱۳/۶، ۲۷/۲، ۵۴/۴، ۹۶/۶، ۱۹۳/۴ و ۳۸۶/۵ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که میزان ویتامین C به‌طور قابل توجهی بر عملکرد رشد ماهی موثر است و با افزایش مصرف ویتامین C از ۱۳/۶ تا ۹۶/۶، عملکرد رشد و بقاء افزایش یافت. افزودن ویتامین C در طوطی ماهی (*Oplegnathus fasciatus*) با مقادیر ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰ و ۲۰۰۰ نشان داد که درصد افزایش وزن و بقاء در تیمار حاوی بیش‌ترین دوز ویتامین C از سایر تیمارها بیش‌تر است (Wang و همکاران، ۲۰۰۳). ویتامین C درمتابولیسم لیپیدها ازجمله کلسترول‌ها دخالت داشته و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان مطرح می‌باشد(Sandens، ۱۹۹۴). در بچه ماهی تیلاپیا (*Oreochromis karonga*) میزان ۶۰ میلی‌گرم ویتامین C به‌ازای هر کیلوگرم (Nsonga، ۲۰۰۹) و در گونه (*Arapaima gigas*) ۸۰۰ تا۱۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین C به‌ازای هر کیلوگرم گزارش شده است (Andrade و همکاران، ۲۰۰۷). در تحقیق حاضر ماهیان تحت تیمار ویتامین C با دوز بیش‌تر عملکرد بهتری را از خود نشان دادند. کاهش نسبی بازماندگی در ماهیان بدون مکمل ویتامین C (۵۰٪) مشاهده شد. به‌عبارت دیگر درصد بازماندگی شاهد پایین‌تر از ماهیان تحت دوز ویتامین C در سطوح ۱۵ و ۳۰ میلی‌گرم بود. بازماندگی پایین‌تر در ماهیان بدون ویتامین C ممکن است با استرس های فیزیولوژیکی ناشی از کمبود ویتامین C مرتبط باشد (Montero و همکاران، ۱۹۹۹). از طرفی دیگر مرگ و میر بالا در ماهیان بدون مکمل ویتامین C ممکن است به‌خاطر آسیب شدید در متابولیسم تیروزین باشد که می‌تواند منجر به بیماری گرانولوماتوز کلیوی شود و در نهایت منجر به مرگ و میر ماهیان شود (Qinghui و همکاران، ۲۰۰۶). برخی از علائم کمبود ویتامین C از قبیل کاهش رشد، آسیب دیدگی کلاژن، تیرگی پوست، لوردوزیس، اسکلروزیس و مرگ و میر توسط برخی محققین گزارش شده است (Fracalossi و همکاران،۱۹۹۸؛ Montero و همکاران، ۱۹۹۹؛ Trenzado و همکاران، ۲۰۰۶).

روش‌های متعددی برای افزایش مقدار اسیدآسکوربیک در غذاها ازجمله مهندسی ژنتیک، کلونینگ و پرورش پیشنهاد شده است (Hancock، ۲۰۰۵). با توجه به این‌که جذب آب از طریق ریشه کاهو صورت می‌گیرد و کاهو خود حاوی ۹۶٪ آب است، اعتقاد بر این است که ویتامین C به‌طور ساده از طریق آب به کاهو قابل انتقال است و ویتامین C می‌تواند به رشد سریع گیاهان کمک کند. با افزایش میزان ویتامین C تا ۳۰ میلی‌گرم، شاخص‌های رشد کاهو از قبیل طول برگ، عرض برگ، طول بوته، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، طول ریشه و وزن خشک کاهش معنی‌داری را نشان دادند. در این پژوهش، گیاهان گروه شاهد دارای رشد بیش‌تر، سریع‌تر و وزن بیش‌تری از گیاهان تحت تیمار ویتامین C داشتند. 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 ۱۵ میلی‌گرم ویتامین C محاسبه شد که با نتایج محققین مطابقت داشت.

تفاوت معنی‌داری در میزان هماتوکریت (Hct)، حجم متوسط گلبولی (MCV)، هموگلوبین (HGB)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و هموگلوبین گلبولی (MCH) در بین تیمارها مشاهده نشد اما با افزایش میزان ویتامین بر مقدار آن‌ها افزوده شد که برطبق تحقیق Tatina و همکاران(۲۰۱۱)مبنی بر بیش‌ترین تعداد RBC در رژیم‌های مختلف متفاوت از رژیم غذایی پایه مشاهده شد که رژیم‌های حاوی مقادیر مختلف ویتامین C بر میزان RBC تاثیر می‌گذارد. با افزایش میزان ویتامین بر مقدار آن‌ها افزوده شد. نتایج مشابهی توسط Lim و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (۲۰۰۰) برای گربه‌ماهی کانال با غلظت‌های مختلف ویتامین C و آهن، Falahatkar (۲۰۰۵) برای ماهیان خاویاری تغذیه شده با سطوح مختلف ویتامین C، Montero و همکاران (۲۰۰۱) برای کفال طلایی تغذیه شده با غلظت‌های مختلف ویتامین C و E و Andrade De و همکاران (۲۰۰۷) برای پیرا روکو تغذیه شده با غلظت ویتامین C و E، مشاهده شده است.

برخی از محققین رابطه کمبود ویتامین C و کاهش هماتوکریت را بیان کرده اند (Fracalossi و همکاران ۱۹۹۸) و برخی دیگر ارتباط بین هماتوکریت و هموگلوبین با افزایش سطح ویتامین C را بیان کردند (Goddard، ۱۹۹۶). از آن‌جاکه گونه‌ها، شرایط محیطی، سن، بلوغ و تغذیه بسیار مهم هستند، عوامل مختلفی بر عوامل هماتولوژیک و بیوشیمیایی ماهی‌ها تأثیر می‌گذارند (Ross و Ross، ۱۹۹۹). مطالعات در مورد تعیین الزامات ویتامین‌های رژیم غذایی ماهیان خاویاری کمیاب است. در این تحقیق ارتباط بین کمبود ویتامین C و سلامتی ماهی مشخص شده است. برای مثال ماهیان تحت تیمار بدون مکمل ویتامین C مقادیر کم‌تری از هماتوکریت و هموگلوبین در مقایسه با تیمارهای دارای ویتامین C دارا بودند. کاهش این فاکتورها با سلامتی ماهی در ارتباط است. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده توسط محققین دیگر مطابقت دارد (Montero و همکاران، ۱۹۹۹). کم‌خونی در جانوران تغذیه شده بدون مکمل ویتامین C امر عادی تلقی می‌شود زیرا در این ماهیان کاهش در جذب و پخش آهن به‌وجود خواهد آمد که نتیجه آن کاهش سنتز هموگلوبین می‌باشد (Stickney، ۲۰۰۰). ویتامین C به‌عنوان ویتامینی که در شرایط استرس نقش مثبت در بهبود و تأثیرپذیری کم عامل استرس‌زا بر ماهی دارد، بیان می‌شود این ویتامین باعث افزایش تولید آنتی‌بادی شده و از تأثیرات منفی استرس جلوگیری می‌کند (Montero و همکاران، ۱۹۹۹). ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی ویتامین C احتمالا در تحمل به استرس دمایی در ماهی نقش دارد (Trenzado و همکاران، ۲۰۰۶). داده‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که سطوح رژیم غذایی ویتامین C بر برخی از عوامل خون‌شناسی و بیوشیمیایی تاثیر می‌گذارد. نتایج متناقض به‌دست آمده در این مطالعه در مقایسه با نتایج کارهای دیگران نشان می‌دهد که مکانیزم عمل ویتامین C در یک ماهی استخوانی ممکن است با ماهی‌های غضروفی متفاوت باشد. زیرا توانایی این گونه‌ها در جذب و نیز نیازهای زیست‌شان به ویتامین C متفاوت است. بنابراین، نیاز است پژوهش‌های بیش‌تری در ارتباط با اثر ویتامین C بر رشد و عملکردهای فیزیولوژیکی ماهی انجام شود.

منابع

۱. **Andrade, J.I.A.; Ono, E.A.; Menezes, G.C.; Brasil, E.M.; Roubach, R. and Urbinati, E.C., 2007.** Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters.Comp. Biochem. Biochemistry and Physiology. Vol. 146, pp: 576-580.

۲. **Arab, N. and Rajabi Islami, H., 2015.** Effects of dietary ascorbic acid on growth performance, body composition, and some immunological parameters of Caspian brown trout, *Salmo trutta caspius*. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 46, No. 5, pp: 505-518.

۳. **Blidariu, F. and Grozea, A., 2011.** Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics-review. Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. Vol. 44, No. 2, pp: 1-8.

۴. **Falahatkar, Bahram., 2005.** The effect of dietary vitamin C on some of hematologhc biochemistry and growth indexes of great sturgeon (*Huso huso*). Ph.D. Thesis, Tarbiat Modaarres University, Tehran, Iran. (Persian).

۵. **Fracalossi, D.M.; Allen, M.E.; Nichols, D.K. and OftedaL, O.T., 1998.** Oscars, Astronotus ocellatus, have a dietary requirement for viatamin C. Journal of the Nutrient. Vol. 128, pp: 1745-1751.

۶. **Goddard, S., 1996**. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman and Hall. New York, USA.

۷. **Goddek, S.; Delaide, B.; Mankasingh, U.; Ragnarsdottir, K.; Jijakli, H. and Thorarinsdottir, R., 2015.** Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. Sustainability. Vol. 7, No. 4, pp: 4199-4224.

۸. **Han, Y.; Wang, J.; Zhao, Z.; Chen, J.; Lu, H. and Liu, G., 2017.** Fishmeal Application Induces Antibiotic Resistance Gene Propagation in Mariculture Sediment. Environmental Science and Technology. Vol. 51, No. 18, pp: 10850-10860.

۹. **Hancock, R.D., 2005.** Improving the nutritional value of crops through enhancement of L-ascorbic acid (vitamin C) content: rationale and biotechnological opportunities. Journal of agricultural and food chemistry. Vol. 53, pp: 5248.

۱۰. **Hebb, C.D.; Castell, J.D.; Anderson, D.M. and Batt, J., 2003.** Growth and feed conversion of juvenile winter flounder (*Pleuronectes americanus*) in relation to different proteinto-lipid levels in isocaloric diets, Aquaculture. Vol. 221, No. 1, pp: 439-449.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۱. **Henry, J.B., 1996.** Clinical diagnosis and management by laboratory methods. Academic Press, New York. 1584 p.

۱۲. **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. Vol. 65, pp: 91-107.

۱۳. **Klinger, D. and Naylor, R., 2012.** Searching for solutions in aquaculture: charting a sustainable course. Annual Review of Environment and Resources. Vol. 37, pp: 247-276.

۱۴. **Lennard, W.E. and Leonard, B.V., 2006.** A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System. Aquaculture International. Vol. 14, No. 6, pp: 539-550.

۱۵. **Lim, C.; Klesius, P.H.; Li, M.H. and Robinson E.H., 2000.** Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. Aquaculture. Vol. 185, pp: 313-327.

۱۶. **McMurtry, J.A. and Croft, B.A., 1997**. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology. Vol. 42, No. 1, pp: 291-321.

۱۷. **Menezes, G.C.; Tavares-Dias, M.; Ono, E.A.; Andrade, J.I.A.; Brasil, E.M. and Roubach, R., 2006.** The influence of dietary vitamin C and E supplementation onthe physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture. Comparative Biochemistry and Physiology. Vol. 145, pp: 274-279.

۱۸. **Montero, D.; Izquierdo, M.S.; Tort, L.; Robaina, L. and Vergara, J.M., 1999.** High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 20, pp: 53-60.

۱۹. **Montero, D.; Tort, L.; Robaina, J.M.; Vergara, M. and Izquierdo, M.S., 2001.** Low vitamin E in diet reduces stress resistance of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. Fish and Shellfish Immunology. Vol. 11, pp: 473-490.

۲۰. **Montero, D.M.; Marrero, M.S.; Izquierdo, L.; Robaina, J.; Vergara, M. and Tort, L., 1999.** Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. Aquaculture. Vol. 171, pp: 269-278.

۲۱. **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 Vol. 118, pp: 300-306.

۲۲. **Nsonga, A., 2009.** Effect of varying levels of dietary vitamin C (ascorbic acid) on growth, survival and hematology of juvenile tilapia, *Oreochromis karongae* reared in aquaria. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology. Vol. 13, pp: 17-23.

۲۳. **Qinghui, A.; Mai, K.; Tan, B.; Xu, W.; Zhang, W. and Hongming, M., 2006.** Effects of dietary vitamin C on survival, growth, and immunity of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. Aquaculture. Vol. 261, pp: 327-336.

۲۴. **Rafiee, G. and Saad, C.R., 2005**. Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis* sp.) growth in a recirculating aquaculture system. Aquaculture. Vol. 244, No. 1-4, pp: 109-118.

۲۵. **Rakocy, J.; Shultz, R.C.; Bailey, D.S. and Thoman, E.S., 2003.** Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. In South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC. Vol. 648, pp: 63-69.

۲۶. **Rakocy, J.E., Baily, D.S., Martin, J.M. and 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. pp: 651-662.

۲۷. **Ross, L.G. and Ross, B., 1999**. Anasthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals. 2nd Eddition. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN: 0-63205252X. 176 p.

۲۸. **Sandnes, K.; Ulgenes, Y.; Braekkan, O.R. and Utne, F., 1994.** The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. Vol. 43, pp: 167-177.

۲۹. **Sarma, K.; Pal, A.K.; Sahu, N.P.; Ayyappan, S. and Baruah, K., 2009.** Dietary high protein and vitamin C mitigates endosulfan toxicity in the spotted murrel, *Channa punctatus* (Bloch, 1793). Science of the Total Environment. Vol. 407, No. 12, pp: 3668-3673.

۳۰. **Stickney, R.R., 2000.** Encyclopedia of Aquaculture. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.

۳۱. **Tatina, M.; Bahmani, M.; Soltani, M. and Gharibkhani, M., 2011**. Effects of Different level of dietary vitamin C and E on Adult farmed Sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) Plasma cholesterol. Journal of the Animal Biology. Vol. 1, pp: 21-31.

www.SID.ir

Archive of SID

۳۲. **Torrecillas, S.; Makol, A.; Caballero, M.J.; Montero, D.; Gines, R.; Sweetman, J. and zquierdo, M.S., 2011.** Improved feed utilization, intestinal mucus production and immune parameters in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). Aquaculture Nutrition. Vol. 17, pp: 223-233.

۳۳. **Trenzado, C.E.; Morales, A.E. and Higuera, M.L., 2006.** Physiological effects of crowding in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, selected for low and high stress responsiveness. Aquaculture. Vol. 258, pp: 583-593.

۳۴. **Wang, X.; Kima, K.W.; Bai, S.C.; Huh, M.D. and Cho, B.Y., 2003.** Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Aquaculture. Vol. 215, pp: 203-211.

۳۵. **Zhou, Q.; Wang, L.; Wang, H.; Xie, F. and Wang, T., 2012.** Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Fish and Shellfish Immunology. Vol. 32, pp: 969-975.

۳۶. **Zou, Y.; Hu, Z.; Zhang, J.; Xie H.; Liang, S.; Wang, J. and Yan, R., 2016.** Attempts to improve nitrogen utilization efficiency of aquaponics through nitrifies addition and filler gradation. Environmental Science and Pollution Research. Vol. 23, No. 7, pp: 6671-6679.

www.SID.ir