Journal of Aquaculture Sciences 12(23): 1-12 (2024)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۲، شماره ۲۳: ۱-۱۲ (۱۴۰۳)

تعیین تغییرات کیفی آب، تولید متابولیت‌ها و روند تجزیه زیستی مواد آلی دفعی در وزن‌های مختلف ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss*

غلامرضا رفیعی*، محمدامین زرینی

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۱**

چکیده

در آبزی‌پروری تعیین روند تولید متابولیت‌ها و تغییرات کیفیت آب و تجزیه زیستی، با توجه به گونه پرورشی، نقش مهمی در تعیین ظرفیت سیستم‌های پرورشی و چگونگی تنظیم شرایط محیطی مناسب برای رشد آبزیان دارد. بنابراین در این پژوهش، ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynccus mykiss*) در چهار گروه با میانگین وزنی ۳±۲۰، ۵±۵۰، ۹±۱۰۰ و ۱۰±۲۰۰ گرمی (sd±میانگین)، به‌عنوان تیمارهای آزمایش در سه تکرار به مخازن ۳۰۰ لیتری از جنس فایبرگلاس (حجم آبگیری به‌میزان ۲۰۰ لیتر) معرفی و به‌مدت سه روز با غذای تجاری تغذیه شدند. سپس ماهیان از مخازن جدا شدند و روند تغییرات کیفی آب و تجزیه زیستی متابولیت‌های تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. با تغذیه ماهیان و ترشح آمونیاک توسط ماهی، میزان غلظت آمونیاک در آب تا روز سوم آزمایش افزایش چشمگیری داشت و با خروج ماهیان از مخازن پرورشی، افزایش آمونیاک متوقف شد. در ادامه، غلظت نیتریت و سپس نیترات افزایش یافت. میزان افزایش فسفرکل موجود در آب (در طول زمان آزمایش) بین وزن‌های مختلف (به‌جز وزن اول و چهارم) با یکدیگر متفاوت بود. در طی سه روز اول، تفاوت معنی‌داری در وزن‌های دوم و سوم، بین زمان شروع و روز صید (روز سوم) مشاهده نشد ($P>0/05$). در وزن اول در میزان فسفر کل موجود در آب، کاهش قابل توجهی مشاهده شد. در وزن چهارم، تولید فسفر نیز زیاد بود و نسبت به فسفر اولیه، تفاوت معنی‌داری داشت ($P<0/05$). افزایش میزان هدایت الکتریکی طی سه روز اول (بین زمان‌های شروع و سوم)کاملاً مشهود بود (به‌جز وزن اول) ولی پس از جمع‌آوری ماهیان، افزایش آن با شدت کمتر ادامه یافت. با شروع تغذیه ماهیان سختی کل روند افزایشی داشت. همچنین از زمان قطع غذادهی و جمع‌آوری ماهیان، روند افزایشی ترکیبات نیتروژن‌دار متوقف و دچار نوسانات جزئی گردید. بین مقادیر سختی‌کل برای وزن‌های مختلف ماهیان، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/05$). با توجه به مقدار غذای مصرفی و میزان دمای آب، روند تغییرات کیفیت آب و سرعت تجزیه زیستی در سیستم پرورشی مشخص شد.

کلید واژگان: پساب ماهی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، سیستم مداربسته، تجزیه زیستی، کیفیت آب، وزن ماهی

*نویسنده مسئول ghrafiie@ut.ac.ir

مقدمه

آبزی‌پروری یک فعالیت انسانی است که امکان تولید تنوع بالایی از آبزیان اعم از گیاهان و جانوران شامل ماهی‌ها، سخت‌پوستان، نرم‌تنان، جلبک‌ها و خارپوستان را فراهم می‌کند. امروزه آبزی‌پروری شامل انتخاب موجودات زنده، ایجاد الگوهای تغذیه مناسب، حفاظت از کیفیت آب و حذف مداوم متابولیت‌های مضر است (Rafiee and Saad, 2005; Ahmad Ansari *et al*., 2020). پساب خروجی کارگاه‌های پرورشی حاوی غلظت‌های مختلفی از مواد مختلف است که ناشی از عملکرد ماهی در جذب غذا، ورود متابولیت‌های رهاسازی شده توسط ماهی و اثر باکتری‌ها و سایر موجودات در تجزیه زیستی این مواد است که در نهایت خصوصیات فیزیکو–شیمیایی آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اگر این پساب به آب‌های طبیعی راه یابد می‌تواند بر اکوسیستم‌های آبی و زیست‌موجودات آبزی اثرگذار باشد. بنابراین، در برخی کشورها برای رهاسازی پساب پرورش آبزیان به آب‌های طبیعی استانداردهایی تعیین شده است و نباید خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب از حد مجاز بالاتر رود (Cripps and Bergheim, 2000). مهمترین این مواد ترکیبات نیتروژن‌دار است، مواد نیتروژن‌دار مانند آمونیاک، نیتریت و نیترات به‌طور طبیعی در محیط آبی وجود دارند، اما به‌طور معمول در طی پرورش آبزیان مقادیر آنها در آب‌ها افزایش می‌یابد (Robles-Porchas *et al*., 2020).

تعیین مقادیر متابولیت‌های تولید شده توسط ماهی در قالب مواد معلق و محلول نیز، موضوع مهمی است که پرورش‌دهندگان کمتر به آن توجه می‌کنند. در سال‌های اخیر جهت دستیابی به حداکثر رشد و تأمین نیازهای غذایی ماهیان، میزان مواد مغذی موجود در غذا را افزایش داده‌اند. بدیهی است بخش قابل توجهی از این مواد نهایتاً به آب‌های طبیعی راه می‌یابند (Lam *et al*., 2008). مواد دفعی آبزیان در آب به‌تدریج از طریق فرآیند زیستی معدنی می‌شوند و در نهایت باعث افزایش هدایت الکتریکی آب خواهند شد. این موضوع در سازگان یا سامانه‌های مدار بسته پرورش آبزیان دارای اهمیت است، چون نیاز به حذف فیزیکی، زیستی و شیمیایی این مواد برای ایجاد شرایط مناسب برای زیست ماهی‌ها و حتی باکتری‌ها است. حذف زیستی مواد مغذی از طریق کشت توأم ماهی و گیاه، آکواپونیک نام دارد. آکواپونیک فرآیند رشد موجودات و گیاهان آبزی به‌صورت همزیست، تعریف شده است، و در آن پساب حاصل از آبزی‌پروری تحت تأثیر فعالیت‌های میکروبی قرار گرفته و به‌عنوان منبع مواد مغذی برای رشد گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نهایت جذب مواد مغذی توسط گیاهان باعث اصلاح آب برای آبزی‌پروری می‌شود. در واقع آکواپونیک یک سیستم تولیدی از موجودات و گیاهان آبزی است که در آن اکثر مواد مغذی (بیش از ۵۰ درصد) که رشد مطلوب گیاه را حفظ می‌کنند، از متابولیت‌های تولیدی حاصل از مصرف غذا توسط موجودات آبزی ناشی می‌شود (Rafiee and Saad, 2005; Lennard, 2015; Palm *et al*., 2018).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از گونه ماهیان سردآبی و متعلق به خانواده Salmonidae، معرفی شده به بیشتر حوضه‌های آبی کشور (Eagderi *et al*. 2022)، دارای ارزش پرورشی می‌باشد. در طراحی سیستم‌های مختلف برای پرورش این ماهی، دانستن عملکرد این ماهی در تولید متابولیت‌ها در محیط پرورش نیاز است. در عین حال این داده‌ها می‌تواند در تعیین نیازهای غذایی گیاهان کشت شده در بخش هیدروپونیک به مواد مغذی موجود در پساب مخازن پرورشی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین، این پژوهش به‌منظور تعیین میزان و خصوصیات پساب تولیدی ماهیان قزل‌آلا در وزن‌های مختلف و تغییر کیفیت آب با گذشت زمان انجام شد. نتایج این پژوهش به ارائه یک دستورالعمل برای حذف مواد معلق از خروجی کارگاه‌های پرورش ماهی کمک می‌کند، در ضمن، آگاهی از ترکیب و کیفیت پساب تولیدی ماهی، جهت به‌حداقل رساندن میزان یوتریفیکاسیون (غنی‌شدگی) آب-های طبیعی، ضروری است.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایش: ماهیان قزل‌آلا از یک مزرعه پرورش ماهی خریداری و به مخازن بزرگ ۲۰۰۰ لیتری کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان گروه شیلات دانشگاه تهران واقع در شهر کرج منتقل شدند. جهت سازگاری ماهیان با شرایط موجود و نیز جایگزینی کامل محتویات روده و معده با غذای مورد نظر، به‌مدت دو هفته، به‌طور جداگانه در مخازن مختلف براساس وزن‌های مختلف نگهداری شدند. سپس ماهیان به تعداد ۱۵ قطعه با میانگین وزنی ۳±۲۰، ۵±۵۰، ۹±۱۰۰ و

جدول ۱- تعداد ماهیان هر مخزن و میزان غذای مصرفی آنها

تیمارها (sd ± میانگین وزنی،گرم)	تعداد ماهی درهر مخزن	بیومس تقریبی کل (گرم)	متوسط غذای مصرفی کل (گرم)	درصد غذای مصرفی (روزانه)
۲۰±۳	۱۵	۳۰۰	۲۴	٪۲/۷
۵۰±۵	۱۵	۷۵۰	۵۴	٪۲/۴
۱۰۰±۹	۱۵	۱۵۰۰	۱۲۱	٪۲/۷
۲۰۰±۱۰	۱۳	۲۶۰۰	۱۹۸	٪۲/۵

جدول۲- درصد ترکیب بیوشیمیایی غذای مصرفی

عامل مغذی	پروتئین خام	چربی خام	خاکستر	فیبر	فسفر
میزان در غذا	٪۴۸	٪۱۲	٪۱۴	٪۱/۵	٪۱/۵

۱۰±۲۰۰ گرمی (sd±میانگین)، به‌عنوان تیمارهای آزمایش در سه تکرار به مخازن ۳۰۰ لیتری از جنس فایبرگلاس (حجم آبگیری به‌میزان ۲۰۰ لیتر) معرفی شدند (جدول ۱). غذادهی سه بار در شبانه روز (صبح، ظهر، عصر) به‌میزان حدود ۲/۵ درصد وزن کل بدن ماهیان در هر تیمار انجام شد. غذادهی به آرامی و با دقت انجام شد تا اینکه غذای خورده نشده در مخزن باقی نماند. مشخصات غذای مصرفی در جدول ۲ ارائه شده است. پس از سه روز، ماهیان از مخازن جمع‌آوری و به مخازن بزرگ (۲۰۰۰ لیتری) برگردانده شدند. مخازن حاوی متابولیت‌ها یا فضولات ماهی در وزن‌های مختلف، به‌مدت هفت روز توسط یک پمپ مرکزی به‌صورت ۲۴ ساعته هوادهی شدند. در طول دوره هفت روزه آزمایش، دما در محدوده ۱۸–۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های کیفی پساب: میزان فضولات و مواد ترشحی این تعداد ماهی در مدت زمان تعیین شده اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری ماهیان، نمونه‌برداری از آب حاوی فضولات به‌طور روزانه انجام شد، تا اینکه میزان انحلال و تراوش مواد از آنها در آب مشخص شود. دمای آب دو نوبت در روز اندازه‌گیری شد. در طول دورهٔ آزمایش، شاخص‌های pH، اکسیژن و هدایت الکتریکی، به‌طور روزانه اندازه‌گیری شد. همچنین برخی عناصر اصلی تولیدی مورد نیاز رشد گیاهان مانند ترکیبات نیتروژنه، فسفر کل، سدیم، کلسیم، منیزیوم، پتاسیم، آهن، منگنز، سولفات و سختی کل اندازه‌گیری شد. آنالیز نمونه‌های آب، یکبار در ابتدا، دیگری در انتهای آزمایش همزمان با جمع‌آوری ماهیان، و پس از آن به‌طور روزانه تا پایان دوره صورت گرفت. به‌دلیل یکسان بودن کیفیت آب برای تمامی تیمارها و تکرارها در شروع آزمایش، سه نمونه برای هر شاخص مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها جهت آنالیز و سهولت کار تا پایان مدت آزمایش در فریزر و دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. هدایت الکتریکی، pH و اکسیژن محلول، با دستگاه دیجیتالی سایبر اسکن (Cyberscan, PC 300) ساخت کشور سنگاپور اندازه‌گیری شد. کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون (روش کمپلکسومتری)، سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر شرکت زایس آلمان (carl zeiss, PF5/58778)، فسفر کل با دستگاه اسپکتروفتومتر شرکت جی–بی–سی (GBC, Cintra-40) ساخت کشور استرالیا سنجیده شد. سایر موارد ذکر شده نیز توسط دستگاه پالین تست (Palintest 8000) (ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد.

محاسبه نرخ تولید عناصر غذایی (R_x): برای مقایسه میزان عناصر غذایی تولیدی در واحد زمان، متناسب با میزان غذای خورده شده از یک شاخص به نام نرخ تولید عناصر غذایی، در واحد میزان غذای مصرفی در طول زمان مشخص (در این آزمایش هفت روز) استفاده شد (Qian *et al.*, 2001).

(وزن غذای مصرفی × زمان) /حجم آب مخزن × (غلظت عنصرغذایی اولیه – غلظت عنصرغذایی نهایی) = نرخ تولیدی عناصر غذایی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، میانگین متغیرهای مورد آزمایش در هر تیمار براساس روش تجزیه واریانس یک‌طرفه مورد ارزیابی آماری قرار گرفتند. سپس اختلاف معنی‌داری میانگین داده‌های بین تیمارها (خصوصیات فیزیکو–شیمیایی پساب در زمان‌های مختلف)، با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS version 15

جدول ۳- میانگین (sd±میانگین) تغییرات غلظت آمونیاک (میلی‌گرم درلیتر) در بین تیمارهای مختلف درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۱/۰۲±۰/۰۷۱ b(x(	۱/۵±۰/۱۶ (x) bc	۱/۳±۰/۱۴۴ (x) bc	۱/۷۲±۰/۱۸۱ c(x(	۲/۳۴±۰/۱۴۱ d(x(	۲/۲۵±۰/۱۱۳ d(x(	۲/۲۳±۰/۲۴۶ d(x(	۰/۰۰۰۱
۵۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۱/۰۷±۰/۱۹۲ (x)b	۱/۲۲±۰/۱۱۴ b(x(	۱/۳۸±۰/۲۸۱ b(x(	۱/۵±۰/۱۴۹ b(x(	۲/۵۲±۰/۲۵۸ c(yx(	۲/۸۳±۰/۲۱۶ cd(yx(	۳/۰۷±۰/۳۱ d(y(	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۲/۰۷±۰/۲۹۱ b(y(	۲/۰۹±۰/۱۳۸ b(y(	۲/۶۸±۰/۲۴۵ c (y(	۲/۹۷±۰/۲۱۸ dc(y(	۳/۱۸±۰/۳۲۶ dc(y(	۳/۴۸±۰/۴۶۱ d(y(	۳/۴۴±۰/۳۳۵ d(y(	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۳/۱±۰/۲۹۲ b(z(	۲/۶۸±۰/۲۳ b(z(	۳/۸۲±۰/۳۱۴ cb(z(	۴/۳۳±۰/۲۳۹ dc(z(	۴/۹۷±۰/۴۱۷ e(z(	۵/۱۸±۰/۴۲۴ e(z(	۴/۷±۰/۳۵۷ ed(z(	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

جدول ٤- میانگین (sd±میانگین) تغییرات غلظت نیتریت (میلی‌گرم درلیتر) در بین تیمارهای مختلف درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۰/۱۴±۰/۰۲ bc(x(	۰/۱۶±۰/۰۲۱ bc (x(	۰/۲۳±۰/۰۴ c(x(	۰/۲۱۳±۰/۰۱۳ c(x(	۰/۱۷±۰/۰۱ bc(x(	۰/۱۶±۰/۰۴۶ bc(x(	۰/۰۱±۰/۰۰۱ ab(x(	۰/۰۰۵
۵۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۰/۲۵۷±۰/۰۲۸ bc(yx(	۰/۴۹±۰/۰۵۷ c(y(	۰/۴۲±۰/۰۳۴ c(y(	۰/۲۸۳±۰/۰۲ c(x(	۰/۲۸±۰/۰۳۵ cb(x(	۰/۳۶±۰/۰۲۶ d(y(	۰/۱۲±۰/۰۳۱ ab(x(	۰/۰۴
۱۰۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۰/۴۰۳±۰/۰۲۶ bc (y(	۰/۵۷±۰/۰۳۸ c(y(	۰/۴۲±۰/۰۳۶ cb (y(	۰/۴۱±۰/۰۱۱ cb(x(	۰/۴۲±۰/۰۲۸ cb(zy(	۰/۴۱±۰/۰۹ cb(y(	۰/۲۶±۰/۰۷۵ b(y(	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱ a(x(	۰/۴±۰/۰۱ cb(y(	۰/۶±۰/۰۶۲ d(y(	۰/۴۷±۰/۰۶ cb(y(	۰/۳۶±۰/۰۱۲ b(x(	۰/۵۱±۰/۰۲۶ cb (z(	۰/۵۸±۰/۰۸۱ cd(z(	۰/۵۷±۰/۰۴۸ dc(z(	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۴۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۲۸۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

استفاده شد.

نتایج

اکسیژن محلول، با هوادهی مداوم، دارای حد اشباع در ابتدای آزمایش و نیز مخازن حاوی ماهیان کوچک بالا بود و کمترین مقدار آن ۳/۲ میلی‌گرم‌درلیتر) ثبت شد. pH نیز تغییرات جزیی (از ۶/۸ تا ۷/۶) داشت.

تغییرات ترکیبات نیتروژن‌دار: هنگام حضور ماهیان در مخازن و دفع آمونیاک از آنها، میزان غلظت آمونیاک در آب تا روز سوم آزمایش، افزایش چشمگیری داشت ولی پس از جمع‌آوری ماهیان، افزایش آمونیاک متوقف شد. در ادامه پدیده نیتریفیکاسیون، غلظت نیتریت و سپس نیترات افزایش یافت نیترات تولیدی در آب تجمع داشت و غلظت آن با گذشت زمان افزایش نشان داد. میزان آمونیاک، نیتریت و نیترات تولیدی از زمان شروع آزمایش تا روز صید آنها در تمامی وزن‌ها، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). این اختلاف در میزان نیترات تولیدی در زمان جمع‌آوری ماهیان، بین وزن‌های مختلف نیز مشاهده شد (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). در خصوص آمونیاک و نیتریت، بین وزن‌های اول و دوم، این پدیده کمی متفاوت بود و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). نیتریت بین وزن‌های دوم، سوم و چهارم، هنگام صید ماهیان نیز تفاوت معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$).

هدایت الکتریکی: افزایش میزان هدایت الکتریکی طی سه روز اول (بین زمان‌های شروع و سوم) کاملاً مشهود بود (به‌جز وزن اول) ولی پس از جمع‌آوری ماهیان، افزایش آن با شدت کمتر ادامه یافت و مقدار آن بین وزن‌های مختلف، به استثنای وزن اول، تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در ماهیان وزن اول، تفاوت معنی‌داری طی گذشت زمان (از ابتدا تا انتها) مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). در وزن‌های بالاتر، با گذشت زمان تفاوت بیشتری بین تیمارها ثبت شد. به‌بیان دیگر، میزان هدایت الکتریکی آب بین زمان‌های مختلف، در وزن‌های بالاتر، به گروه‌های متمایزتری تقسیم شد (جدول ۶).

فسفرکل: میزان افزایش فسفرکل موجود درآب (در طول زمان آزمایش) بین وزن‌های مختلف (به‌جز وزن اول و

جدول۵- میانگین (sd± میانگین) تغییرات غلظت نیترات (میلی‌گرم درلیتر) در بین تیمارهای مختلف درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۳/۳۴±۰/۰۲ a(x(	۱۳/۵۴±۲/۴۹ b(x)	۱۴/۹۲±۲/۷۳ bc(x)	۱۴/۶۶±۲/۳۳ bc(x)	۱۶/۸۱±۲/۰۳ bcd(x)	۱۷/۵۷±۲/۹۹ cd(x)	۱۶/۳۶±۲/۷۳ bc(x(	۲۰/۲۹±۲/۸۲ d(x)	۰/۰۰۰۱
۵۰ گرم	۳/۳۴±۰/۰۲ a(x(	۲۵/۸۸±۳/۴۶ b(y)	۳۳/۵۱±۴/۲۴ bc(y)	۴۱/۹۵±۶/۴۱ cd(y)	۴۷/۲۷±۵/۰۸ d(y)	۵۰/۰۷±۷/۸ d(y)	۵۰/۸۷±۹/۸۸ d(y(	۶۷/۴۵±۸/۱۸ e(y)	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۳/۳۴±۰/۰۲ a(x(	۴۲/۱۷±۵/۷۷ b(z)	۵۳/۳۸±۵/۵۷ cd(z)	۶۳/۳±۶/۱۱ cd (z)	۷۳/۶۸±۸/۹۴ d(z)	۹۱/۸۱±۹/۸ e(z)	۹۶/۹۱±۸/۷۹ e(z)	۱۰۱/۸۸±۹/۵۳ e(z)	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۳/۳۴±۰/۰۲ a(x(	۹۸/۵۶±۹/۰۹ b(t)	۱۱۱/۹۵±۱۰/۸۲ bc(t)	۱۲۵/۱۶±۱۰/۹۱ cd(t)	۱۲۳/۸۱±۱۱/۱۱ cd(t)	۱۲۴/۹۲±۹/۲۶ cd(t)	۱۳۸/۷۷±۱۰/۲۸ de(t)	۱۵۳/۵۳±۱۲/۰۲ e(t)	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

جدول ٦- میانگین(sd±میانگین) تغییرات هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) در تیمارها درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۰/۳۹±۰/۰۲ a(x)	۰/۴۷۳±۰/۰۵۱ a(x)	۰/۳۷۳±۰/۰۲۲ a(x)	۰/۴۶۳±۰/۰۷۴ a(x)	۰/۴۵۳±۰/۰۶۸ a(x)	۰/۴۵۳±۰/۰۴۷ a(x)	۰/۵۲۷±۰/۰۳۶ a(x)	۰/۴۸۳±۰/۰۶۳ a(x)	۰/۸۳
۵۰ گرم	۰/۳۹±۰/۰۲ a(x)	۰/۸۴۷±۰/۰۹۶ b(y)	۰/۸۹۳±۰/۰۹۶ bc(y)	۰/۹۵۷±۰/۰۱۲ bc(y)	۰/۹۰۳±۰/۰۵۵ bc(y)	۱/۰۴۷±۰/۱۳۲ c(xy)	۰/۹۸۷±۰/۰۱ bc(y)	۰/۹۶۳±۰/۰۹۵ bc(y)	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۰/۳۹±۰/۰۲ a(x)	۰/۹۰۷±۰/۰۸۷ b(y)	۱/۱۳۳±۰/۲۸ bcd(y)	۱/۱۲۷±۰/۱۱۲ bcd(y)	۱/۰۸۵±۰/۰۸۵ bc(y)	۱/۱۷۳±۰/۰۵۱ bcd(xy)	۱/۲۰۷±۰/۰۶۴ cd(z)	۱/۳۷۳±۰/۱۱ d(z)	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۰/۳۹±۰/۰۲ a(x)	۱/۰۳۳±۰/۱۱ b(y)	۱/۲۲۳±۰/۱۲۵ bc(y)	۱/۴۲۳±۰/۲۳۴ cd(z)	۱/۶۸۳±۰/۲۵۵ de(z)	۱/۷۷±۰/۱۵۶ e(y)	۱/۷۶۷±۰/۰۸۸ e(t)	۱/۷۹۷±۰/۴۹۱ e(t)	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

چهارم) با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). در طی سه روز اول، تفاوت معنی‌داری در وزن‌های دوم وسوم، بین زمان شروع و روز صید (روز سوم) مشاهده نشد ($P<۰/۰۵$). در وزن اول در فسفر کل موجود در آب، کاهش قابل توجهی مشاهده شد. در وزن چهارم، تولید فسفر نیز زیاد بود و نسبت به فسفر اولیه، تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). در ادامه، با گذشت زمان این مقدار دچار نوسان شد (جدول ۸).

سختی کل: با شروع تغذیه ماهیان سختی کل روند افزایشی داشت. همچنین از زمان قطع غذادهی و جمع‌آوری ماهیان، روند افزایشی متوقف شد و دچار نوسانات جزئی گردید. بین مقادیر سختی‌کل برای وزن‌های مختلف ماهیان، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). مقدار سختی کل برای تمامی وزن‌ها، از شروع تا روز سوم تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$)، اما با گذشت زمان به‌تدریج تغییرات جزیی نمود و روند افزایشی داشت (جدول ۹).

سایر عناصر و خصوصیات: عناصر و ترکیباتی که در جداول نتایج به آنها اشاره شده است، دارای تغییراتی در طی حضور ماهیان و پس از جمع‌آوری ماهیان بودند (جدول سولفات). اکسیژن محلول، با هوادهی مداوم، از حد اشباع در ابتدای آزمایش و نیز مخازن حاوی ماهیان کوچک تا کمترین مقدار (۳/۲ میلی‌گرم‌درلیتر) در نوسان بود. pH نیز تغییرات جزیی (از ۶/۸ تا ۷/۶) داشت. میزان سدیم محلول در آب بین گروه‌های مختلف وزنی تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) و با گذشت زمان در مقدار آن تغییرات ناچیزی مشاهده شد (جدول ۱۲). این پدیده در مورد پتاسیم، سولفات و منیزیم نیز صادق بود (جداول ۱۳، ۷ و ۱۱) منگنز نیز در این تیمارها سنجیده شد. منگنز موجود در آب همیشه صفر یا نزدیک به صفر بود که در نتایج ارائه نشده است.

شاخص رهاسازی عناصر غذایی (R_x): میزان این شاخص برای ترکیبات مهم دفعی ماهیان از جمله آمونیاک، نیتریت، نیترات و فسفر کل محاسبه شد (جدول ۱۴). درخصوص آمونیاک، با افزایش وزن ماهیان، میزان آمونیاک تولیدی (نسبت به غذای مصرفی) کاهش داشت، اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در مورد نیتریت تفاوت معنی‌داری بین برخی از گروه‌های وزنی مشاهده شد و میزان آن با افزایش وزن کاهش یافت. شاخص نیترات نیز دارای نوساناتی بود، اما این تفاوت‌ها بین وزن‌های مختلف معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$).

جدول ۷- میانگین (sd± میانگین) تغییرات غلظت سولفات (میلی‌گرم درلیتر) در بین تیمارهای مختلف درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۷۸±۳/۶ ab x))	۷۵/۳۳±۶/۰۳ x) ab)	۶۶/۶۷±۴/۰۸ x)a)	۷۰/۶۷±۵/۰۶ x)ab)	۷۸/۶۷±۷/۵۱ x)ab)	۷۸/۳۳±۴/۵۲ x)ab)	۸۰/۶۷±۵/۰۳ x)b)	۸۲/۳۳±۶/۶۵ x)b)	۰/۰۰۰۱
۵۰ گرم	۷۸±۳/۶ a x))	۹۶/۶۷±۷/۰۹ (y)bc	۱۰۳/۳۳±۶/۸۳ cb(y)	۱۰۸/۳۳±۸/۰۸ (y)c	۹۵/۶۷±۶/۵۱ bc(y)	۹۷/۰±۵/۵۶ (y)cb	۹۷/۶۷±۵/۲۴ (y)bc	۹۹/۶۷±۵/۶۸ yx)bc)	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۷۸±۳/۶ a x))	۱۱۱/۳۳±۶/۰۸ b(z)	۱۱۲/۶۷±۴/۲۶ b(yz)	۱۱۲/۳۳±۴/۵۷ b(y)	۱۱۰/۶۷±۹/۶۱ b(z)	۱۱۳/۳۳±۹/۷۸ (z)b	۱۰۸/۳۳±۷/۵۱ b(y)	۱۱۰/۳۳±۹/۷۸ y)e)	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۷۸±۳/۶ a x))	۱۲۹/۳۳±۵/۸۵ cb(t)	۱۲۰/۳۳±۷/۶۱ b(z)	۱۳۱/۳۳±۹/۱۶ cb(z)	۱۲۲/۳۳±۴/۹۱ cb(z)	۱۳۳/۶۷±۹/۷ cb(t)	۱۲۹/۳۳±۹/۲۹ cb(z)	۱۳۵/۰±۶/۵۶ z)c)	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

جدول ۸- میانگین (sd±میانگین) تغییرات غلظت فسفر (میلی‌گرم درلیتر) در بین تیمارهای مختلف درطول دوره آزمایش

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۱/۶۹±۰/۱۳۴ (x)c	۱/۱۳±۰/۱۸۴ x)ab)	۱/۳±۰/۱۲۸ x)bc)	۰/۸۶±۰/۰۷۱ x)a)	۱/۰۷±۰/۱۵ x)ab)	۱/۱۵±۰/۱۸ x)ab)	۱/۰۸±۰/۰۹۸ x)ab)	۱/۵۵±۰/۲۴ x)bc)	۰/۰۴۴
۵۰ گرم	۱/۶۹±۰/۱۳۴ ab(x)	۱/۳±۰/۱۳۹ a(x)	۲/۰۹±۰/۲۴۶ x)b)	۱/۹۷±۰/۲۶ x)ab)	۲/۸۷±۰/۲۹۶ y)c)	۴/۱۳±۰/۳۱ y)d)	۴/۱۶±۰/۴۶۱ y)d)	۵/۱۸±۰/۶۳۷ y)e)	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۱/۶۹±۰/۱۳۴ (x)a	۲/۲۷±۰/۲۵۳ a(y)	۲/۶۳±۰/۱۷۲ x)a)	۴/۵۸±۰/۳۷۸ y) b)	۴/۹۴±۰/۴۸۱ z)bc)	۶/۲۳±۰/۵۸۶ bc(z)	۵/۷۸±۰/۳۷۶ cb(y)	۶/۹±۰/۴۰۸ c(z)	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۱/۶۹±۰/۱۳۴ a (x)	۳/۴۵±۰/۲۵ b(z)	۵/۷۷±۰/۳۱ c(y)	۶/۸±۰/۵۹۱ cd(z)	۶/۸۹±۰/۳۴۹ cd(t)	۷/۶۲۹±۰/۶۱۲ ed(z)	۷/۹۵±۰/۴۷۲ ed(z)	۹/۰۴±۰/۸۱ e (t)	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

جدول ۹- تغییرات سختی کل میلی‌گرم درلیتر(sd± میانگین) درطول دوره آزمایش بین وزن‌های مختلف

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۱۵۳±۶/۲۴)x)a	۱۴۷/۳±۱۲/۹۶)x) a	۱۴۷/۳±۸/۵)x)a	۱۴۸/۷±۱۱/۵۲)x)a	۱۶۰/۷±۱۱/۷۶)x)a	۱۵۵±۱۲/۷۶)x)a	۱۵۱/۳±۶/۰۳)x)a	۱۵۲/۷±۵/۵)x)a	۰/۹۲۳
۵۰ گرم	۱۵۳±۶/۲۴)x)a	۱۷۹/۳±۱۱/۵)y(b	۱۷۵±۱۲/۵۶)y(b	۱۶۳/۷±۱۰/۷۴)x)ab	۱۸۰/۳±۱۱/۰۲)yx)b	۱۸۵/۳±۶/۰۲)y)b	۱۶۷/۷±۱۶/۰۷ (x)ba	۱۶۵/۳±۱۲/۲۹ (x)ba	۰/۰۴۴
۱۰۰ گرم	۱۵۳±۶/۲۴)x)a	۲۱۶/۳±۱۳/۵۱)z(c	۲۱۳/۳±۱۴/۱۶)z(bc	۱۹۵/۷±۹/۵۳ (y)b	۲۰۵/۷±۱۶/۱۱)y(bc	۲۱۱/۷±۱۸/۶۲)z(bc	۲۰۷/۷±۱۴/۲۷)y(bc	۲۳۶/۳±۱۶/۰۹ (y)d	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۱۵۳±۶/۲۴)x)a	۲۶۸/۳±۱۱/۵۹)t(b	۲۷۵±۱۷/۹۳)t(bc	۲۸۵±۲۲/۲۸)z(bc	۲۸۳/۷±۱۷/۰۰)z(bc	۲۷۷/۳±۱۹/۸۸)t(bc	۲۹۷/۷±۲۱/۵)y(c	۲۸۷/۷±۱۳/۳۱)z)bc	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

در مورد فسفر کل، در مورد وزن‌های اول و دوم، میزان آن منفی بود، یعنی در پایان سه روز اول، مقدار فسفر کل محلول در آب کاهش نشان داد. اما برای وزن‌های بعدی این مقادیر افزایش داشت. به هرحال این تفاوت‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) (جدول۱۴).

جدول ۱۰- تغییرات غلظت کلسیم میلی‌گرم درلیتر(sd± میانگین) درطول دوره آزمایش بین وزن‌های مختلف

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	P
۲۰ گرم	۴۰±۳/۶۱ x)bc)	۳۹/۳۳±۳/۱۵ x) bc)	۳۷/۳۳±۳/۶۱ x)ab)	۴۲/۶۷±۴/۱۵ x)c)	۳۵/۳۳±۳/۰۵ x)ab)	۳۶/۳۳±۲/۰۵ x)ab)	۳۶/۰±۳/۸ x)ab)	۳۲/۶۷±۳/۰۶ x)a)	۰/۰۰۵
۵۰ گرم	۴۰±۳/۶۱ (x)a	۴۴/۳۳±۳/۲۷ a(x)	۴۵/۶۷±۳/۵۱ a(xy)	۴۷/۳۳±۲/۸۳ a(x)	۴۷/۰±۲/۴۶ a(y)	۴۶/۳۳±۳/۳۲ a(yx)	۴۱/۶۷±۳/۲۷ a(x)	۴۹/۰±۱/۰ a(y)	۰/۰۷۸
۱۰۰ گرم	۴۰±۳/۶۱ (x)a	۴۷/۶۷±۳/۰۱ b(x)	۴۷/۰±۲/۱۶ b(xy)	۴۸/۰±۲/۲۱ b(x)	۴۷/۳۳±۴/۴۱ b(y)	۴۶/۶۷±۲/۹۳ b (xy)	۴۸/۶۷±۳/۰۲ b(xy)	۵۵/۶۷±۴/۸۷ zy) c)	۰/۰۳۲
۲۰۰ گرم	۴۰±۳/۶۱ (x)a	۴۸/۳۳±۲/۵۴ ab(x)	۴۹/۶۷±۴/۲۱ ab(y)	۵۲/۶۷±۳/۲۶ ab(x)	۵۲/۶۷±۳/۷۵ ab(y)	۵۴/۰±۴/۲۱ ab(y)	۵۶/۳۳±۴/۹ ab(y)	۶۰/۳۳±۵/۰۸ z)b)	۰/۰۴۷
P	۱	۰/۴۳۶	۰/۱	۰/۵۲۸	۰/۰۲۵	۰/۱۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x > y > z) است.

جدول ۱۱- تغییرات غلظت منیزیم میلی‌گرم درلیتر(sd± میانگین) درطول دوره آزمایش بین وزن‌های مختلف

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	P
۲۰ گرم	۱۹/۲±۰/۸۳ x)bc)	۱۸/۸۳±۰/۵۶ x) b)	۱۶/۴۳±۰/۳۲ x)a)	۱۸/۲۷±۰/۳ x)ab)	۲۱/۰±۱/۵۸ x)cd)	۲۰/۰±۱/۸۳ x)bc)	۲۱/۲۳±۱/۰۲ x)cd)	۲۲/۷۷±۱/۴۶ x)d)	۰/۰۰۰۱
۵۰ گرم	۱۹/۲±۰/۸۳ (x)a	۲۵/۴۷±۲/۶ a(xy)	۲۵/۸۷±۲/۳ x)a)	۲۰/۸±۱/۹۸ x)a)	۲۴/۱۳±۲/۱۱ x)a)	۲۱/۱۳±۲/۱۷ x)a)	۲۲/۶۷±۱/۸۹ x)a)	۲۴/۹±۲/۰۴ yx)a)	۰/۶۴۸
۱۰۰ گرم	۱۹/۲±۰/۸۳ a(x)	۲۸/۴۷±۱/۷۸ ab(y)	۳۰/۸±۲/۹۴ x)ab)	۲۶/۶±۲/۱۲ x)ab)	۳۰/۱۳±۱/۳۲ ab(xy)	۲۸/۵۳±۱/۸۹ ab(x)	۲۸/۵۷±۱/۰۷ x)ab)	۳۱/۳۳±۲/۴۸ y)b)	۰/۰۳۴
۲۰۰ گرم	۱۹/۲±۰/۸۳ a(x)	۲۵/۵۳±۱/۱۷ ab(y)	۲۸/۸۳±۱/۶۵ ab(xy)	۳۲/۵±۲/۵۱ ab(x)	۳۷/۷±۳/۴۹ y)bc)	۴۷/۳۷±۳/۹۱ cd(y)	۵۰/۴۷±۵/۰۳ (y)dc	۵۲/۹۷±۳/۰۹ z)d)	۰/۰۰۱
P	۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۳۳	۰/۰۴۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x > y > z) است.

جدول ۱۲- تغییرات غلظت سدیم میلی‌گرم درلیتر(sd± میانگین)درطول دوره آزمایش بین وزن‌های مختلف

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	P
۲۰ گرم	۲۳/۲±۰/۲۱ x)ab)	۲۲/۹۳±۰/۹ x) ab)	۲۰/۱۷±۰/۶ x)a)	۲۱/۲۷±۲/۰۵ x)ab)	۲۱/۱۳±۱/۹ x)ab)	۲۲/۷۳±۱/۴ (x)ba	۲۳/۳۷±۲/۳۷ x)b)	۲۳/۰۳±۰/۷۴ x)ab)	۰/۰۲۶
۵۰ گرم	۲۳/۲±۰/۲۱ ab(x)	۲۳/۵۳±۱/۳۶ b(x)	۲۲/۸۳±۱/۵۳ x)ab)	۲۰/۴±۱/۴۷ x)a)	۲۲/۷±۲/۲۷ x)ab)	۲۲/۶±۲۱/۲۷ x)ab)	۲۳/۰۳±۰/۴۹ x)ab)	۲۳/۳۷±۰/۵۵ x)b)	۰/۰۲۸
۱۰۰ گرم	۲۳/۲±۰/۲۱ (x)a	۲۷/۸۳±۲/۲۹ a(x)	۲۶/۶±۱/۹۲ yx)a)	۲۵/۱۳±۲/۵۲ yx)a)	۲۶/۵۳±۱/۱۵ a(xy)	۲۶/۴۷±۱/۴۶ a(x)	۲۶/۹۳±۲/۳۸ x)a)	۲۷/۰±۲/۳۶ (x)a	۰/۹۸۳
۲۰۰ گرم	۲۳/۲±۰/۲۱ (x)a	۳۰/۲۳±۲/۱۶ ab(x)	۳۲/۱۷±۳/۱۶ b(y)	۳۲/۱۷±۳/۱۲ y)b)	۳۴/۱۷±۳/۱۵ y)b)	۳۶/۴۳±۲/۵۳ b(y)	۳۴/۵۷±۲/۲۲ y)b)	۳۵/۳۷±۳/۲۶ (y)b	۰/۰۴۷
P	۱	۰/۱۷۳	۰/۰۲۶	۰/۰۴۹	۰/۰۳۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x > y > z) است.

بحث

این پژوهش به‌منظور تعیین میزان و خصوصیات پساب تولیدی ماهیان قزل‌آلا در وزن‌های مختلف و تغییر کیفیت آب با گذشت زمان انجام شد.به‌دلیل وجود ماهیان در سیستم پرورشی و با تغذیه آنها در سه روز اول، شاخص‌های شیمیایی آب افزایش یافت. این افزایش ناشی از وجود این عناصر در غذا و دفع بخشی از آنها توسط ماهی و تجزیه زیستی آنها توسط باکتری‌ها بود. پس از جمع‌آوری ماهیان و عدم ورود غذا و فعالیت ماهی، تجزیه زیستی این مواد ادامه یافت، رسوب‌گذاری و سایر فعل و انفعالات فیزیکی و شیمیایی نیز از دیگر عوامل نوسانات عناصر محلول در آب بود. این پدیده با گذشت زمان نمود بیشتری پیدا کرد و این مسئله تفسیر نوسانات آن را مشکل‌تر کرد. به‌طور کلی سه عامل برای نوسانات و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی غلظت‌ها، در این گونه آزمایش‌ها، بیان شده است. این موارد شامل جذب باکتریایی،

جدول ۱۳- تغییرات غلظت پتاسیم میلی‌گرم درلیتر (sd± میانگین)درطول دوره آزمایش بین وزن‌های مختلف

گروه وزنی	شروع	روزسوم	روزچهارم	روزپنجم	روزششم	روزهفتم	روزنهم	روزدهم	*P*
۲۰ گرم	۱/۳۳±۰/۵۷ (x)a	۱/۶۷±۰/۵۷ (x)ba	۲/۶۷±۰/۵۷ (x)ba	۳/۳۳±۰/۵۷ (x)b	۳/۶۷±۱/۰ (x)b	۳/۰±۱/۰ (x)ab	۲/۶۷±۰/۱۵ (x)ba	۳/۶۷±۰/۲۱ (x)b	۰/۰۱۲
۵۰ گرم	۱/۳۳±۰/۵۷ (x)a	۲/۶۷±۰/۰ (x)ba	۳/۰±۱/۰ (x)bc	۳/۶۷±۱/۰ (x)bc	۳/۳۳±۱/۱۵ (x)bc	۴/۰±۱/۰ (x)c	۶/۰±۱/۰ (y)d	۴/۳۳±۰/۵۷ (x)c	۰/۰۰۰۱
۱۰۰ گرم	۱/۳۳±۰/۵۷ (x)a	۲/۰±۰/۰ (x)ba	۲/۳۳±۰/۵۷ x)ba	۳/۳۳±۱/۰ (x)bc	۴/۶۷±۱/۱۵ (x)bc	۴/۶۷±۱/۵۲ (yx)c	۶/۰±۱/۰ (x)d	۷/۰±۱/۰ (y)d	۰/۰۰۰۱
۲۰۰ گرم	۱/۳۳±۰/۵۷ (x)a	۳/۳۳±۰/۵۷ (x)b	۳/۶۷±۱/۱۵ (x)b	۴/۰±۱/۰ (x)b	۴/۳۳±۱/۵۲ (x)b	۶/۶۷±۱/۵۲ (y)c	۶/۳۳±۱/۵۲ (y)c	۹/۰±۱/۰ (y)d	۰/۰۰۰۱
P	۱	۰/۰۰۵	۰/۳۴۱	۰/۷۲۳	۰/۸۳۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	

حروف a، b و c بیانگر تفاوت‌های معنی‌دار بین روزهای مختلف آزمایش(a>b>c) و حروف x، y و z بیانگر وجود تفاوت بین وزن‌های مختلف (x>y>z) است.

جدول ۱۴- شاخص Rx (عناصر غذایی رهاسازی شدهٔ روزانه (sd± میانگین) درطی سه روز در واحد وزن غذای خورده شده) در ماهیان گروه‌های وزنی مختلف

گروه های وزنی ماهی (گرم)	آمونیاک	نیتریت	نیترات	فسفر کل
۲۰ گرم	۲/۷۶±۰/۲۸ x	۰/۴±۰/۱۳ y	۲۸/۳۲±۵/۴۵ x	−۱/۵۵±۰/۳۸ x
۵۰ گرم	۱/۲۹±۰/۱۴ x	۰/۳۲±۰/۰۶ xy	۲۷/۸۲±۳/۷۵ x	−۰/۴۸±۰/۰۸۶ y
۱۰۰ گرم	۱/۱۳±۰/۰۴ x	۰/۲۲±۰/۰۵ xy	۲۱/۳۹±۲/۲۵ x	۰/۳۲±۰/۱۱ z
۲۰۰ گرم	۱/۰۳±۰/۳۱ x	۰/۱۹±۰/۰۲ x	۳۲/۰۶±۱/۷۲ x	۰/۵۹±۰/۰۹۱ z
P	۰/۱۴۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸

مرگ و میر باکتریایی و رسوب‌گذاری شیمیایی است (d'Orbcastel *et al*., 2008). اندازه ذرات فضولات و مدت زمان باقی‌ماندن در آب و نیز دمای محیط، رابطه مستقیم با میزان تراوش مواد از پساب دارد (Brinker *et al*., 2005; Brinker and Rosch, 2005; Sindilariu *et al*., 2009). ماهیان درشت‌تر غذای بیشتری مصرف و مواد دفعی بزرگتری را تولید کردند. پایداری ذرات مدفوع در آب می‌تواند نقش مهمی در کاهش آلودگی منابع آب (به‌دلیل خورد شدن کمتر و تراوش کمتر مواد مغذی از آن) داشته باشد (Stewart *et al*., 2006). از طرفی میزان تراوش در ذرات دفعی درشت‌تر توسط ماهی، کمتر از ذرات ریزتر است (Sindilariu *et al*., 2009). بنابراین، در مطالعه حاضر، این موضوع می‌تواند عاملی برای کاهش نسبی میزان تراوش مواد از فضولات ماهیان اندازه بزرگ‌تر باشد (حتی باوجود مصرف غذای بیشتر و تولید ماده دفعی بیشتر). احتمالاً این پدیده می‌تواند علت اصلی معنی‌دار نبودن اختلاف غلظت های برخی عناصر غذایی بین وزن‌های مختلف ماهیان (شاخص Rx) باشد. در پژوهش‌های مختلف اشاره شده است که تراوش مواد مغذی از مواد مدفوعی تا چندین روز ادامه می‌یابد، هرچند که غلظت مواد تحت تأثیر عملکرد باکتری‌ها و یا رسوب‌گذاری قرار خواهند گرفت (Schulz *et al*., 2003; Stewart *et al*., 2006; Lam *et al*., 2008). در مطالعه انجام شده این عوامل باعث شد نتایج مختلفی از غلظت‌های مواد محلول در آب، مخصوصاً با گذشت زمان به دست آید. به‌دلیل اهمیت ترکیبات نیتروژن‌دار و فسفات‌دار در بحث یوتریفیکاسیون آب‌های طبیعی، عمده تحقیقات انجام شده، در مورد این دو ترکیب است.

تغییرات ترکیبات نیتروژن‌دار: افزایش غلظت آمونیاک کل، پس از جمع‌آوی ماهیان از مخازن ادامه داشت. این افزایش را می‌توان به پدیده دنیتریفیکاسیون و تراوش این مواد از مواد مدفوعی و احتمالاً غذاهای خورده نشده ارتباط داد. ماهیان ۹۵-۵۲ درصد از نیتروژن غذا را به‌صورت مواد نیتروژن‌دار دفع می‌کنند. از این مقدار، حدود ۹۰-۷۵ درصد به‌صورت آمونیاک است (Cripps and Bergheim, 2000). این ترکیب با گذشت زمان تحت عملکرد باکتری‌های نیتریفیکنت به نیتریت و سپس به نیترات تبدیل می‌شود. تراوش ترکیبات نیتروژنی معمولاً آهسته‌تر از سایر عناصر صورت می‌گیرد. این پدیده خصوصاً در ۲۴ساعت اول مشاهده می‌شود (Stewart *et al*., 2006). آنچه که در مورد ترکیبات نیتروژن‌دار مهم است، اکسیداسیون زیستی است که با گذشت زمان در محیط‌های حاوی اکسیژن اتفاق می‌افتد (Schulz *et al*., 2003). نظر به اینکه گیاهان بیشتر نیترات را به‌عنوان یک ترکیب نیتروژن‌دار مورد استفاده قرار می‌دهند (Schulz *et al*., 2003)، این یک عمل مطلوب در

سیستم‌های آکواپونیک به‌شمار می‌آید. نیتریت یک ترکیب حد واسط از پدیده نیتریفیکاسیون است و به‌همین دلیل غلظت آن در آب دچار نوسانات نامنظم می‌شود. در تحقیق فعلی نیز نوسانات نیتریت کاملاً مشهود بود و با توجه به مصرف غذای بیشتر در وزن‌های بالاتر، جمعیت باکتریایی بزرگ‌تری شکل گرفت و در نتیجه این تغییرات در سطوح بالاتری انجام پذیرفت. اما معمولاً نیتریت به‌عنوان عامل ارزشمند مورد بحث و ارزیابی قرار نمی‌گیرد و به‌دلیل نوسانات نامنظم نیتریت در آب‌ها، شاخص خوبی برای تفسیر و سنجش کیفیت آب، همانند نیترات و آمونیاک نیست (Stewart *et al*., 2006). با عمل اکسیداسیونی باکتری‌ها، میزان نیترات نیز در پی نیتریت افزایش می‌یابد. این افزایش به‌دلیل عمل باکتری‌ها بر آمونیاک کل تولیدی است. تراوش مواد از مواد دفعی ته‌نشین شده نیز عامل دیگر افزایش غلظت نیترات می‌تواند باشد.

تغییرات فسفرکل: میزان فسفر کل محلول در آب، در وزن‌های دوم به بعد با گذشت زمان افزایش یافت. این افزایش در وزن آخر، با توجه به غذای مصرفی مشهودتر بود. رسوب یا فعالیت‌های باکتریایی با جذب فسفر رها شده به آب، با توجه به تولید فسفر کم (درسه وزن اول) باعث به تعادل در آمدن و کاهش فسفر محلول شد. این عامل اصلی معنی‌دار نبودن تفاوت در میزان فسفر محلول در سه وزن اول، بین روز اول و سوم بود. اما در ادامه با گذشت زمان، میزان رها شدن آن از مواد دفعی ته‌نشین شده افزایش یافت. معمولاً بیشتر فسفر دفع شده به‌صورت ذرات جامد است و فسفر محلول از فضولات و غذای خورده نشده تراوش می‌یابد (Bergheim *et al*., 1998). به بیان دیگر بیشتر فسفر محلولی که در آب یافت می‌شود، به‌دلیل نشت یا تولید ارتوفسفات از مواد دفعی است. این مقدار نیز سریعاً تحت تأثیر فعالیت میکروبی و گیاهان موجود در سیستم قرار می‌گیرد (Schneider *et al*., 2005). در محل‌هایی که سرشار از موادآلی است، باکتری‌ها توانایی زیادی در انبار کردن پلی‌فسفات دارند (Foy and Rosell, 1991). روند سریع تراوش فسفر در روزهای ابتدایی و کاهش رشد آن مشابه یافته‌های محققین دیگر است (Foy and Rosellb, 1991; Stewart *et al*., 2006). این نوسانات بیشتر به‌دلیل عمل باکتری‌ها (جذب و دفع فسفر) و رسوب‌گذاری نسبت داده می‌شود (Foy and Rosell, 1991).

شاخص رهاسازی ماده مغذی (R_x): این شاخص، میزان ماده موجود را پس از سه روز صرف‌نظر از مقدار غذای خورده شده نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان مقدار ماده تولیدی را برای چهار وزن ماهیان موجود محاسبه و با یکدیگر مقایسه نمود. با توجه به اینکه شاخص R_x برای مدت سه روز محاسبه شده است، تراوش مواد مغذی از مواد دفعی، جذب و دفع باکتریایی و سایر عوامل فیزیکی و شیمیایی نیز بر آن تأثیر مثبت و منفی دارد. در نتیجه در بسیاری از شاخص‌های اندازه‌گیری شده بین وزن‌های مختلف ماهیان تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. وجود تفاوت معنی‌دار شاخص R_x مربوط به نیتریت، در بخش ترکیبات نیتروژن‌دار، بحث شد. وجود تفاوت شاخص R_x مربوط به فسفرکل، به‌دلیل قدرت رسوب و انحلال این عنصر و فعالیت‌های باکتریایی بود. طولانی بودن فاصله زمانی اندازه‌گیری خصوصیات مورد نظر نیز این تفاوت را آشکارتر نمود. این موضوع مورد تأیید برخی محققین دیگر نیز است (Stewart *et al*., 2006).

تغییرات سایر عناصر و عوامل: علاوه بر عناصر ذکرشده، عناصر دیگری مانند سولفات، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن، منگنز، مولیبدات، سختی کل نیز سنجیده شد. اما برخی از آنها به‌میزان نسبتاً کمی توسط ماهیان تولید شد، یا اینکه میزان آنها در غذا ناچیز بود. به‌همین دلیل، غلظت آنها در آب ناچیز بود و یا اینکه با گذشت زمان تغییرات آنها از قانون خاصی پیروی ننمود. هرچند که پدیده‌های فیزیکو–شیمیایی (رسوب و انحلال) نیز در تعیین غلظت آن‌ها بی‌تأثیر نبوده است. میزان هدایت الکتریکی را غلظت یون‌های موجود در آب تعیین می‌کند. نظر به اینکه ترکیبات آلی و پروتئینی، بخش اصلی ترکیبات تشکیل‌دهنده غذای قزل‌آلا را شامل می‌شود، در نتیجهٔ معدنی شدن، ترکیبات نیتروژن‌دار و فسفردار و هدایت الکتریکی باید بیشترین افزایش را داشته باشند (Sindilariu *et al*., 2009). بنابراین، با افزایش میزان غذادهی و فضولات تولیدی و با بالا رفتن وزن و زی‌توده ماهیان، افزایش هدایت الکتریکی در تیمارهای مختلف افزایش داشت. اما پس از صید ماهیان و قطع غذادهی افزایش میزان هدایت الکتریکی به‌دلیل تراوش مواد از فضولات و سایر فرآیندهای بیوشیمیایی ادامه یافت، اما از شدت آن کاسته شد. تغییر درعوامل فیزیکو–شیمیایی رسوب و میزان انحلال مواد تولیدی نیز از عوامل اصلی تغییر در میزان هدایت الکتریکی‌اند. مقدار سختی کل نیز برای تمامی

وزن‌ها، تا روز سوم افزایش داشت. این افزایش در راستای افزایش میزان غذادهی بود. همچنان که از جدول ۹ مشخص است مصرف کم غذا، تأثیر چندانی بر افزایش سختی ندارد. اما باگذشت زمان به‌علت ادامهٔ تجزیه زیستی مواد دفعی تولیدی، به‌تدریج تغییرات جزیی نمود و با شدت کمتری افزایش یافت. میزان پتاسیم نیز در ابتدا یک روند افزایشی نشان داد و پس از صید ماهیان نیز با شیب کمتر افزایش داشت (جدول ۱۳). این حالت در چند آزمایش انجام شده دیگر نیز مشهود بوده است. در این آزمایش تفاوت غلظت بین ریزمغذی‌ها معنی‌دار نبود. عدم تفاوت در غلظت برخی ریزمغذی‌ها در پساب ماهیان پرورشی وزن‌های مختلف توسط محققین دیگر نیز مشاهده شده است (Schneider *et al.*, 2005). سدیم محلول در آب ارتباط مستقیم با غذای مصرفی دارد. در مورد وزن اول، تفاوت معنی‌داری با روز شروع آزمایش نداشت. در مورد وزن‌های بالاتر که مصرف غذا افزایش داشت، تفاوت بیشتری مشاهده شد (جدول ۱۲). به‌دلیل کم بودن مقدار منگنز موجود درآب، اندازه‌گیری آن با دستگاه ذکرشده به سختی امکانپذیر بود. بدین‌ترتیب، میزان غلظت منگنز در هنگام اندازه‌گیری نزدیک به صفر بود (۰/۰۰۱—۰ میلی‌گرم در لیتر). البته همین مقدار کم نیز جذب سطوح نمونه‌برداری می‌شود. کم بودن میزان منگنز در غذای مصرفی و در نتیجه آن، کم بودن میزان ترشح از بدن ماهی، فعل و انفعالات فیزیکو–شیمیایی انحلال و رسوب، از علل اصلی ناچیز بودن این عنصر در آب بود. به‌دلیل فعل و انفعالات فیزیکو–شیمیایی که کلسیم با سایر عناصر و ترکیبات (مانند آهن و فسفر) دارد، نوسانات ناچیزی با گذشت زمان پیدا می‌کند. چراکه با افزایش کلسیم موجود در غذا، این عناصر نیز افزایش داشت و در نهایت تفاوت ناچیزی بین اغلب تیمارها مشاهده شد (جدول۱۰). رسوب کلسیم همراه برخی عناصر غلظت آنها را نیز در آب کاهش می‌دهد (d'Orbcastel *et al.*, 2008).

با توجه به نقشی که پساب کارگاه‌های پرورش ماهی در وارد نمودن انواع مواد مغذی به آب‌های طبیعی دارند، با آگاهی از نوع و میزان این مواد می‌توان با روش‌های علمی، اقدام به حذف آنها نمود و بدین‌ترتیب مانع ورود مستقیم آنها به آب‌های طبیعی شد. این موضوع در سیستم‌های گردشی آب، نمود بهتری پیدا می‌نماید. نتایج به‌دست آمده، نشان می‌دهد که درصورت باقی‌ماندن فضولات در آب، بخش قابل توجهی از عناصر، توسط روش‌های زیستی در آب رها می‌شوند. نتایج حاصل از پژوهش سایر محققین نیز بیانگر این است که تلاطم آب و به‌هم خوردن فضولات، در نهایت باعث خردشدن فضولات و تشدید تراوش مواد از آنها می‌شود. بنابراین، بهتر است هرچه سریع‌تر اقدام به حذف فضولات از آب نمود تا اینکه در جریان گردش، باعث بالا رفتن غلظت آلاینده‌ها در آب نشود. حتی در روش‌های سنتی پرورش قزل‌آلا، لازم است استخرها طوری طراحی و ساخته شوند که محلی برای ته‌نشینی فضولات در به‌وجود نیاید و یا اینکه فضولات ته‌نشین شده، هرچه سریع‌تر از استخرها خارج شوند.

نتیجه‌گیری نهایی

در پژوهش اخیر، میزان متابولیت‌های تولیدی توسط ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تغذیه شده با غذای تجاری و میزان تراوش برخی مواد مغذی نیز با گذشت زمان مشخص گردید. همچنین به‌دلیل اینکه نوع و میزان غذای مصرفی اصلی‌ترین نقش را در میزان تولید مواد دفعی دارد، این آزمایش با غذای یکسان در کل آزمایش‌ها، بررسی شد (Rakocy *et al.*, 2005). با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان میزان مواد مغذی تولیدی در واحد غذای مصرفی را سنجید و برای حفظ کیفیت آب، هرچه سریع‌تر اقدام به حذف فضولات از آب نمود تا باعث بالا رفتن غلظت آلاینده‌ها در آب نشود. در ضمن می‌توان برآورد نمود که آیا پساب مخازن پرورش قزل‌آلا می‌تواند تأمین‌کننده نیازهای غذایی گیاه در کشت توأم ماهی با گیاه باشد، یا اینکه با مصرف چه میزان غذا، می‌توان نیازهای غذایی تعداد مشخصی از یک گیاه را با توجه به تجزیه زیستی و رها شدن عناصر معدنی و آلی محلول در آب فراهم کرد.

منابع

Ansari F.A., Nasr M., Guldhe A., Gupta S.K., Rawat I., Bux F. 2020. Techno-economic feasibility of algal aquaculture via fish and biodiesel production pathways: A commercial-scale application. *Science of the Total Environment* 704, 135259.

Bergheim A., Cripps S.J., Liltved H. 1998. A system for the treatment of sludge from land-based fish-farms. *Aquatic Living Resources* 11(4), 279-287.

Brinker A., Koppe W., Rösch R. 2005. Optimizing trout farm effluent treatment by stabilizing trout feces: a field trial. *North American Journal of Aquaculture* 67(3), 244-258.

Brinker A., Rösch R. 2005. Factors determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm. *Aquacultural Engineering* 33(1), 1-19.

Cripps S.J., Bergheim A. 2000. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 22(1-2), 33-56.

d'Orbcastel E.R., Blancheton J.P., Boujard T., Aubin J., Moutounet Y., Przybyla C., Belaud A. 2008. Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. *Aquaculture* 274(1), 72-79.

Eagderi S., Mouludi-Saleh A., Esmaeli H.R., Sayyadzadeh G., Nasri, M. 2022. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology* 46(6), 500-522.

Foy R.H., Rosell R. 1991. Fractionation of phosphorus and nitrogen loadings from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture* 96(1), 31-42.

Lam S.S., Ambak M.A., Jusoh A., Law A.T. 2008. Waste excretion of marble goby (*Oxyeleotris marmorata* Bleeker) fed with different diets. *Aquaculture* 274(1), 49-56.

Lennard W.A. 2015. Aquaponics: a nutrient dynamic process and the relationship to fish feeds. *World Aquaculture* 46(3), 20-23.

Palm H.W., Knaus U., Appelbaum S., Goddek S., Strauch S.M., Vermeulen T., Haïssam Jijakli M., Kotzen B. 2018. Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International* 26, 813-842.

Qian P.Y., Wu M.C., Ni I.H. 2001. Comparison of nutrients release among some maricultured animals. *Aquaculture* 200(3-4), 305-316.

Rakocy J.E., Bailey D.S., Shultz R.C., Danaher J.J. 2005, September. Preliminary evaluation of organic waste from two aquaculture systems as a source of inorganic nutrients for hydroponics. *In*: International Conference and Exhibition on Soilless Culture: ICESC 2005 742 (pp. 201-207).

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.

Robles-Porchas G.R., Gollas-Galván T., Martínez-Porchas M., Martínez-Cordova L.R., Miranda-Baeza A., Vargas-Albores F. 2020. The nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 12(4), 2228-2249.

Schneider O., Sereti V., Eding E.H., Verreth J.A.J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 32(3-4), 379-401.

Schulz C., Gelbrecht J., Rennert B. 2003. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. *Aquaculture* 217(1-4), 207-221.

Sindilariu P.D., Brinker A., Reiter R. 2009. Waste and particle management in a commercial, partially recirculating trout farm. *Aquacultural Engineering* 41(2), 127-135.

Stewart N.T., Boardman G.D., Helfrich L.A. 2006. Characterization of nutrient leaching rates from settled rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sludge. *Aquacultural Engineering* 35(2), 191-198.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 12, No 23, 1-12
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Determination of the biological role of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in waste production after consumption of a commercial feed

Gholamreza Rafiee*, Mohammadamin Zarini

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

*Corresponding author: ghrafiee@ut.ac.ir

Received: 6.Sep.2024 **Accepted: 22.Oct.2024**

Abstract

In aquaculture, determining the production process of metabolites and changes in water quality and biodegradation according to the cultured species plays an important role in determining the capacity of the cultured systems and how to set the appropriate environmental conditions for the cultured species. Therefore, Therefore, in this study, in a completely randomized design, rainbow trout (O*ncorhynccus mykiss*) in four groups with an average weight of 20±3, 5±50, 9±100 and 10±200 g (SD±mean) were introduced to 300 liter fiberglass tanks (200 liters) as experimental treatments with three replications and fed commercial food for three days. Then the fishes were separated from the tanks and the biodegradation process of their metabolites was investigated. When the fish were present in the tanks and the ammonia was excreted from them, the concentration of ammonia in the water increased significantly until the third day of the experiment, but after the fish were collected, the ammonia excretion stopped. Following the nitrification phenomenon, the concentration of nitrite and then the nitrate increased and the nitrate accumulated in the water and its concentration increased over the time. In the continuation of the experiment, due to the phenomenon of nitrification, the concentration of nitrite and nitrate increased. The phosphorus content of water (during the experiment) was significantly different among treatments (except the first and fourth weights) (P<0.05). An increase in electrical conductivity (between the starting and third days) was completely evident during the first three days of the experiment, but after the collection of fish, its increase continued with a lower intensity. Significant difference was observed in total hardness value among different fish weights (P<0.05). Other elements such as sulfate, calcium, magnesium, potassium, sodium, iron, manganese, molybdate, and total hardness were also measured. However, some of them were produced in relatively small quantities by fish, or were insignificant in the diet. For this reason, their concentration in water was negligible, or their changes did not follow a specific law over time. The results of this study showed that, it is possible to measure the amount of nutrients produced in the consumed food unit and to maintain the water quality, the waste can be removed from the water as soon as possible so that it does not increase the concentration of pollutants in the water. According to the rates of food consumetion, temperature of the water and changes in water quality, it is possible to estimate the rate of biodegradation of organic matter and metabolite production in a culture system of rainbow trout.

Keywords: Fish effluent, rainbow trout, Recirculating system, Biodegradation, Water quality, Fish weight