مقاله علمی – پژوهشی:

استفاده مجدد از پساب تصفیه شده فاضلاب شهری میاندوآب جهت پرورش *Artemia urmiana* (Günther, 1890)

رامین مناف‌فر*[۱]، سیامک قدیمی[۲]، سکینه مرادخانی[۳]، فاطمه آهور[٤]

*raminmanaffar@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- متخصص شیلات، میاندوآب، ایران.

۳- گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

٤- پژوهشکده نانوفناوری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱٤۰۰

چکیده

استفاده مجدد از پساب‌های صنعتی و شهری در کشاورزی و آبزی پروری همواره مورد توجه بوده است. بحران‌های خشکسالی اخیر در ایران و سایر نواحی دنیا موجب شده است که این موضوع اهمیت بیشتری پیدا کند. در تحقیق حاضر از پساب تصفیه خانه شهری میاندوآب برای پرورش *Artemia urmiana* استفاده گردیده و عملکرد رشد و بقاء و بار باکتریایی آرتمیا در این سیستم ارزیابی شد. بدین منظور ابتدا پس از بررسی بار باکتریایی موجود در پساب در سه تیمار مختلف شامل شوری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۱، ۳، ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر کیفیت پساب ارتقاء داده شده و سپس پرورش *A. urmiana* انجام شد. پرورش در یک شرایط آزمایشگاهی کنترل شده و استاندارد صورت گرفت و در یک دوره ۲۰ روزه میزان رشد و بقاء آرتمیا با تیمار شاهد مقایسه گردید. در انتهای دوره، بار باکتری‌ها و میزان آلودگی و بیومس آرتمیا سنجش شد. نتایج نشان داد در تمامی تیمارها رشد و بقاء آرتمیای پرورش یافته در پساب بیشتر از تیمار شاهد در آب معمولی بوده و این اختلاف در اغلب موارد معنی‌دار بود ($p<0.05$). افزایش میزان نمک ۱۰۰-۸۰ گرم در لیتر و کلر زنی ۹-۶ میلی‌گرم در لیتر نیز توانست به صورت معنی‌داری باعث کاهش بار باکتریایی بیومس پرورش یافته در این سیستم شود ($p<0.05$). نتایج مطالعه حاضر نشان داد، به دلیل ویژگی‌های ذاتی و تغذیه‌ای آرتمیا و کیفیت پساب می‌توان از این آب برای پرورش انبوه آرتمیا با موفقیت استفاده نمود. همچنین با افزایش شوری آب وکلرزنی می‌توان بار باکتریایی آب را در حدی کاهش داد که بیومس تولیدی عاری از آلودگی باشد.

لغات کلیدی: آرتمیا، بار باکتریایی، پرورش، فاضلاب شهری

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

مقدمه

اگرچه ذخایر آبزیان دریایی به‌شدت رو به کاهش است، اما تقاضا برای مصرف غذاهای دریایی به طور فزاینده‌ای رو به افزایش می‌باشد. این افزایش موجب شده است که آبزی‌پروری به یک صنعت عمده تجاری در تولید غذاهای دریایی تبدیل شود (FAO, 2016). تمایل پرورش‌دهندگان به افزایش تراکم کشت و کاهش میزان آب مصرفی و حتی پرورش آبزیان در نقاط کم آب یا در مواقع بحران‌های خشکسالی، محققان را به استفاده مجدد از پساب‌ها (Edwards, 2005; Gallardo-Collí *et al*., 2019) و تعریف سیستم‌های جدید پرورشی مانند بیوفلاک‌ها ترغیب کرده است (طرفی و همکاران، ۱۴۰۱). در کشورهای پیشرفته، استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده با رعایت ضوابط و استانداردهای مربوط صورت می‌گیرد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری، ۱۳۸۹). استفاده از پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری به عنوان منبع اصلی آب جهت پرورش آبزیان در ایران تاکنون گزارش نشده است. اما استفاده از فاضلاب و آب‌های نامتعارف در آبزی‌پروری تاریخچه‌ای طولانی در چندین کشور شرق، جنوب و جنوب شرقی آسیا به‌خصوص در چین دارد که به قرن‌های گذشته بازمی‌گردد (Edwards and Pullin, 1990; Edwards, 1992, 2000). پس از گذشت سال‌های اولیه از راه اندازی چنین سیستم‌هایی، حداقل ۹۰ سیستم مختلف برای تصفیه فاضلاب در کشورهای مختلف به‌خصوص در آلمان ابداع و مورد استفاده قرار گرفت (Prein, 1996). گرچه تعدادی از استخرهای پرورش آبزیان با استفاده از فاضلاب در سال‌های اخیر توسعه بیشتری یافته‌اند لیکن این سیستم هنوز هم به صورت ۱۰۰ درصد مورد قبول آبزی‌پروری تجاری دنیا واقع نشده است (Edwards, 1992, 2000). هم اکنون از فاضلاب شهری به طور عمده کشورهایی نظیر بنگلادش (Gijzen and Ikramullah, 1999)، چین (Li, 1997)، هندوستان (Bose, 1944; Edwards, 1992)، اندونزی (Djajadiredja *et al*., 1979)، ویتنام (Little and Pham, 1995) استفاده می‌کنند. فقط در کشور اندونزی چنین سیستمی با وسعتی بیش از ۱۰۰۰۰ هکتار را شامل می‌شود که انواع مختلفی از آبزیان از جمله کپور ماهیان و تیلاپیا در آن کشت داده می‌شوند. تجارب پرورش آبزیان با فاضلاب در نواحی دیگر دنیا از جمله قاره آمریکا، اروپا، آفریقا و حتی منطقه غرب اقیانوس آرام بسیار محدود یا غیر متمرکز گزارش شده است. البته اخیراً پرورش انواع جلبک‌ها با اهداف تصفیه و ارتقاء فاضلاب شهری و تولید بیومس مورد توجه قرار گرفته است (Neveux *et al*., 2016; Srimongko *et al*., 2019).

سال‌هاست که آرتمیا به عنوان یکی از مهم‌ترین غذاهای زنده در آبزی‌پروری مطرح شده است. آرتمیا را می‌توان در استخرهای تولید نمک خورشیدی تولید نمود (Lavens and Sorgeloos, 1996). همچنین می‌توان آن را در استخرهای پلی اتلینی یا بتونی به منظور تولید بیومس پرورش داد (Lavens and Sorgeloos, 1996). آرتمیا همچنین به عنوان یک مدل تحقیقاتی نیز در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه بوده است (Gajardo *et al*., 2002; Manaffar, 2012). صنایع وابسته به آرتمیا و حتی ارزآوری محصولات تولیدی از پرورش آرتمیا موجب شده است که در آبزی‌پروری به این موجود توجه زیادی معطوف شود. به دلیل نوع تغذیه دیتریتوس‌خواری آرتمیا، پرورش آرتمیا در داخل استخرهای خاکی و لاگون‌ها محدود شده است به‌طوری‌که که عمدتاً آب شفاف استخر به آبی با کدورت و ذرات معلق بالا تبدیل می‌شود و جهت ذخیره‌سازی آرتمیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا، پیش‌بینی می‌شود در صورت رعایت موارد ایمنی و حذف پارامترهای مضر پساب بتوان از این آب برای پرورش آبزیان استفاده نمود (WHO, 2006a). بایستی اشاره کرد که در برخی کشورها فاضلاب، زه‌آب خروجی صنایع و آب خروجی مخازن فاضلاب و حتی چاه‌های ذخیره فاضلاب‌های دستشوئی بدون هیچ‌گونه تیمار اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Edwards, 2005). البته بررسی‌ها نشان داده که استفاده مزرعه داران و جوامع محلی از فاضلاب در آبزی‌پروری در راستای افزایش تولید محصولات غذایی توسعه یافته است (WHO, 2006b). در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

همین رابطه استانداردهایی نیز برای این آب تعریف شده است (جدول ۱) (WHO, 2006a).

جدول ۱: مقادیر مجاز آلودگی در پساب مورد استفاده در آبزی‌پروری (WHO, 2006a)

Table 1: Permissible levels of contamination in wastewater used in aquaculture (WHO, 2006a)

فاکتور	مقادیر
pH	۶-۹
BOD	mg/l>۱۰
کدورت	mg/l۲
Faecal coliforms/100 ml	۰ الی> $۱۰^{۳}$

این پروژه با هدف ارزیابی علمی امکان پرورش آرتمیا با استفاده از پساب شهری تصفیه شده شهرستان میاندوآب صورت گرفت. تصفیه فاضلاب شهر میاندوآب روزانه فاضلاب‌های انسانی را با مشخصات کل مواد جامد معلق در آب (TSS)[1] ۲۳۹ میلی‌گرم در لیتر و میزان اکسیژن خواهی بیولوژیک (BOD)[2] ۲۳۹ میلی‌گرم در لیتر در حجم ۲۳۱۰۰ مترمکعب در شبانه روز را دریافت و پس از مراحل تصفیه مقدماتی، بیولوژیک و ضدعفونی، آن را رهاسازی می‌کند (گزارش‌های سالانه اداره آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی). با توجه به اینکه بزرگ‌ترین مشکل در مسیر استفاده از پساب تصفیه خانه‌های شهری احتمال انتقال آلودگی باکتریایی به سایر موجودات و در نهایت انسان می‌باشد و با عنایت به اینکه آرتمیا یک ماده غذایی برای انواع آبزیان است و نهایتاً برای تغذیه انواع آبزیان بایستی استفاده شود، احتمال شیوع آلودگی به ماهیان میزبان بالا می‌باشد. لذا، در راستای حصول نتایج موفق در این تحقیق، حذف بار باکتریایی پساب با انواع روش‌های کلر زنی و استفاده از غلظت‌های مختلف نمک دارای اولویت اصلی در این تحقیق می‌باشد.

[1] Total suspended solids (TSS)
[2] Biological oxygen demand (BOD)

مواد و روش کار

آب مورد استفاده در تحقیق در تیمارهای شاهد آب چاه معمولی فاقد آلودگی و در تیمارهای آزمایشی پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهرستان میاندوآب بود. تیمارهای این تحقیق شامل شوری‌های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ گرم در لیتر نمک و کلر زنی ۱، ۳، ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر بود. پس از گذشت ۲۴ ساعت از کلر زنی، هوادهی مناسب به مدت ۴۸ ساعت تا حذف کامل کلر انجام می‌گرفت. غذای استاندارد برای تغذیه آرتمیا ترکیبی از مخمر و جلبک‌های تک سلولی می‌باشد که هر دو در آزمایشگاه تهیه شدند (Coutteau *et al.*, 1992). جلبک تک سلولی مورد نیاز در آزمایشگاه کشت داده شد. پس از کلرزنی، پساب مورد استفاده در تحقیق با کیت‌های سنجش ترکیبات آمونیوم، نیتریت و نیترات اندازه‌گیری شدند (نکوئی فرد و همکاران، ۱۳۹۲).

در تغذیه استاندارد آزمایشگاهی آرتمیا از جلبک‌های تک سلولی *Dunaliella salina* به همراه مخمر تک‌سلولی استفاده شد (Coutteau *et al.*, 1992). استوک‌های آماده جلبک از بانک جلبک پژوهشکده آرتمیا تهیه و به طور انبوه کشت داده شد. بدین منظور، ابتدا به میزان لازم از آب شور دریاچه ارومیه فیلتر شده، سپس با دستگاه اتوکلاو استریل شد و پس از خنک شدن با استفاده از آب مقطر، به شوری اپتیمم برای کشت این نوع جلبک که ۱۲۰ گرم در لیتر بود، رسانده شد (۴۵۰۰ میلی‌لیتر). به ازاء هر ارلن ۵ لیتری،۵۰۰ میلی لیتر استوک جلبک لازم است. هرگاه غلظت جلبک‌ها در ارلن‌ها به حداکثر مقدار خود رسید، عمل هوادهی قطع و سپس جلبک موجود در آن را به کمک سانتریفوژ (Sigma 8k) با دور ۳۵۰۰rpm به مدت ۵ دقیقه جدا شد. برای شمارش جلبک از لام هموسیتومتر (نئوبار) استفاده گردید و تراکم جلبک به ۱۸×$۱۰^{۶}$ Cell/ml رسانده شد (Coutteau *et al.*, 1992). مخمر بر اساس فرمول غذایی استفاده شد (Manaffar, 2012).

در تحقیق حاضر، آرتمیا در ظروف مخروطی شکل (۴ تکرار برای هر تیمار) پرورش داده شد. هر یک از ظروف

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

پرورشی به‌وسیله یک پیپت پلاستیکی و لوله‌های هوادهی متصل به پمپ مرکزی هوادهی شدند. بهترین میزان شوری برای تفریخ سیست‌های آرتمیا آب شور دریاچه با شوری گرم در لیتر ۳۵ است (Lavens and Sorgeloos, 1996). به منظور تهیه آب شور برای تفریخ و پرورش، ابتدا آب تهیه شده از دریاچه ارومیه فیلتر شد. سپس با افزودن آب معمولی به آب شور، شوری آن را به مقدار مورد نظر رسانده شده و به میزان یک لیتر در داخل هر یک از ظروف پرورش ریخته شد (Manaffar, 2012).
برای جداسازی لاروها از نورگرایی مثبت آنها استفاده گردید. سپس لاروها با یک پیپت پاستور شمارش شده و داخل هر کدام از ظروف پرورشی، ۵۰۰ عدد لارو ریخته شد. لاروهای آرتمیا طی چندین ساعت ابتدایی پس از تفریخ از ذخیره کیسه زرده استفاده می‌کنند و تقریباً هیچ غذایی در روز اول مصرف نمی‌کنند. لذا، غذادهی از روز اول (حدود ۲۴ ساعت پس از تفریخ) شروع و میزان غذا بر طبق جدول غذادهی Couttneau و همکاران (۱۹۹۲) به صورت روزانه و بر حسب تعداد آرتمیا محاسبه و انجام شد. غذای مورد استفاده در پرورش به صورت ترکیبی از جلبک تک سلولی *D. salina* با غلظت ۱۸×۱۰^{۶} سلول در میلی لیتر و مخمر با غلظت ۳ گرم در ۳۰۰ میلی لیتر آب با شوری ۱۵- ۱۰ گرم در لیتر تأمین شد. شوری ظروف پرورش آرتمیا هر روز یکبار با دستگاه شوری سنج، سنجش و در صورت افزایش یا کاهش شوری، به‌ترتیب با افزودن آب مقطر یا آب دریا، شوری آب محیط آرتمیاها تنظیم شدند. این تحقیق در ۳ تیمار مختلف به اجرا در آمد. تیمار اول: پرورش آرتمیا در شوری ۶۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر، پرورش آرتمیا در شوری ۸۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر، پرورش آرتمیا درشوری ۱۰۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر انجام شد.
با توجه به مشاهده آلودگی باکتریایی در نمونه پساب کلرزنی شده در تصفیه خانه فاضلاب میاندوآب و عدم کاهش میزان BOD به حد مجاز پساب قابل استفاده در صنعت آبزی‌پروری، اقدام به اعمال تیمارهای کلرزنی اضافی در غلظت‌های ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر شد. بدین منظور، پساب کلرزنی شده تصفیه خانه ابتدا در دو تیمار مجزا (۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) به مدت ۱۲ ساعت تحت تاثیر غلظت‌های مختلف قرار گرفتند. سپس نمونه‌های پساب جهت حذف کلر باقی مانده به مدت ۱۲ ساعت هوادهی شده و سپس با ترکیب نمک دریاچه ارومیه در شوری‌های پیشنهادی در بخش مواد و روش‌ها (۳ شوری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ گرم در لیتر) برای پرورش آرتمیا آماده شدند. در فاز اول پرورش آرتمیا در ۳ تیمار مختلف (شاهد بدون کلر زنی، تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر کلر ، تیمار ۳ میلی‌گرم در لیتر کلر) در شوری ۶۰ گرم در لیتر مجموعاً در ۳ تیمار و ۱۲ تکرار انجام شد. برای محاسبه درصد لقاح از رابطه ذیل استفاده گردید (Sorgeloos, 2001):
عملکرد رشد آرتمیا شامل طول بدن (از ناحیه چشم سوم تا انتهای بدن) در روزهای پنجم، دهم و پانزدهم بر اساس Triantaphyllidis و همکاران (۱۹۷۷a, b) و Sorgeloos (۱۹۸۷) محاسبه گردید. علائم وجود بیماری لکه سیاه در آرتمیا بر اساس پروتکل مورد بررسی روزانه قرار گرفت (Lavens and Sorgeloos, 1996). بدین منظور به‌جز آنکه روزانه آرتمیاهای هر تکرار با دقت در محیط پرورش از دیدگاه وجود لکه سیاه بررسی می‌شدند، در هر دوره شمارش و بیومتری به‌وسیله لوپ نیز به‌دقت بررسی می‌شدند. بدین منظور و بر اساس پروتوکل پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی (WHO, 2006a)، بیومس آرتمیای برداشت شده از تیمارهای مذکور ابتدا با آب معمولی و سپس با آب مقطر (عاری از باکتری) به صورت کامل در عرض چند دقیقه (حدود ۴-۳ دقیقه) شسته شده و سپس کشت داده شد. جامعه آماری شامل تیمارهای مختلف کلر زنی شده و تیمار شاهد در ۳ شوری مختلف (مجموعاً ۹ تیمار و ۳۶ تکرار) بود. نتایج میزان رشد و بقاء در طول دوره پرورش تا ۲۰ روز و نتایج بررسی بار آلودگی در ابتدا، اواسط آزمایش و انتهای دوره آزمایش (نمونه‌های آب و آرتمیا) مورد بررسی آماری قرار گرفت. بدین منظور، از بسته نرم افزاری SPSS و آنالیز آماری One way ANOVA و تست دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

نتایج

به منظور آنالیز کیفی پساب کلرزنی شده مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به صورت خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: میانگین بار آلودگی پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرستان میاندوآب

Table 2: Average pollution load of treatment wastewater in Miandoab city refinery

نوع پساب	فاکتورهای مورد مطالعه	میانگین آلودگی
نمونه پساب قبل از کلر زنی توسط تصفیه خانه	DO (mgr/lit)	۲/۱۳
	BOD(mgr/lit)	۳۴
	COD(mgr/lit)	۱۴۵/۷
	pH	۷/۷۲
	Salinity (gr/lit)	۳/۲
	MPN/100ml	۱۰^{۴}×۶۶/۵
	Hg (ppb)	۲۰
	Arsenic (ppb)	۶۵
	Salmonella (N or P)	+++
	Total coliform	+++
نمونه پساب پس از کلرزنی توسط تصفیه خانه	DO (mgr/lit)	۲/۳۴
	BOD(mgr/lit)	۲۸/۴
	COD(mgr/lit)	۱۲۸
	pH	۷/۶۸
	Salinity (gr/lit)	۴
	MPN/100ml	۱۸۹
	Hg (ppb)	۱۹
	Arsenic (ppb)	۶۰
	Salmonella (N or P)	+
	Total coliform	+

علامت (+) نشان دهنده تعداد کلنی باکتری مشاهده شده در هر میلی لیتر از آب کشت داده شده است.

این بررسی نشان داد، میزان آمونیوم، نیتریت و نیترات پساب در دفعات مختلف نمونه‌برداری، اختلافات جزئی نشان می‌دهد ولی به صورت میانگین میزان آمونیوم ۵-۲ میلی‌گرم در لیتر، میزان نیتریت ۰/۴-۰/۲ میلی‌گرم در لیتر و میزان نیترات ۷-۳ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج آنالیز مذکور همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد، ضمن نشان دادن کاهش بار آلودگی باکتریایی پس از کلرزنی انجام شده در تصفیه خانه فاضلاب، حاکی از وجود آلودگی باکتریایی در نمونه پساب کلرزنی شده بود. تشخیص باکتری *Salmonella* sp. (روش عمومی برای شناسایی تمامی گونه‌ها) در این نمونه‌ها به‌خصوص در نمونه‌های کلر زنی شده و بالا بودن BOD در این نمونه پساب نیز نشان‌دهنده عدم حذف آلودگی به صورت کامل در پساب خروجی تصفیه‌خانه می‌باشد. با توجه به نتایج مذکور نمونه آب مجدداً پیش از استفاده برای پرورش آرتمیا با مقادیر مختلف کلر ضدعفونی شد.

نتایج پرورش آرتمیا

الف: درصد بقاء آرتمیا در پساب (کلرزنی pm ۱ و ۳p با شوری گرم در لیتر ۶۰): بررسی‌های درصد بقاء آرتمیا در تیمارهای شاهد پرورش یافته در آب معمولی (تیمار شاهد) به همراه تیمارهای ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر کلرزنی در شوری ۶۰ گرم در لیتر در روزهای ۳، ۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۰ انجام شد. نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در پساب ۳ میلی گرم در لیتر با نمونه شاهد فقط در انتهای دوره پرورش در روز بیستم بود ($p<0.05$). در مابقی روزهای پرورش اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش مشاهده نگردید ($p>0.05$). نتایج مشاهده شده در آرتمیاهای پرورش یافته در پساب نشان‌دهنده این نکته بود که آرتمیاهای مذکور رشد بیشتر و بهتری نسبت به آرتمیاهای پرورش یافته در آب معمولی دارند. این مطالعه نشان‌دهنده کاهش بقاء در طول دوره پرورش در تمامی تیمارهای آزمایشی بود. نتایج نشان داد که هیچ اختلاف آماری بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در آب کلر زنی شده حاوی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر کلر با نمونه شاهد وجود نداشت ($p>0.05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

جدول ۳: میزان رشد و درصد بقاء آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر کلر با ۶۰ شوری گرم در لیتر (Mean±SD)
Table 3: Growth (mm) and survival rate of *Artemia* grown in 1 and 3 ppm of chlorine with salinity 60 ppt (Mean ± SD)

	روزهای آزمایش	شاهد (آب معمولی ۶۰ گرم در لیتر	۱ میلی گرم در لیتر کلر ۶۰ گرم در لیتر شوری	۳ میلی گرم در لیتر کلر ۶۰ گرم در لیتر شوری
رشد (میلی‌متر)	روز سوم	۱/۳۱±۰/۱۳ a	۱/۲۵±۰/۰۶ a	۱/۲۶±۰/۱۳a
	روز هفتم	۳/۵۱±۰/۴۶ a	۳/۵۵±۰/۷۴ a	۳/۷۵±۰/۳۱ a
	روز یازدهم	۵/۶۴±۰/۴۶ a	۵/۵۴±۱/۸۰ a	۵/۲۶±۱/۱۵ a
	روز پانزدهم	۶/۳۹±۱/۲۵ a	۷/۳۱±۱/۷۸ a	۷/۳۷±۱/۵۷ a
	روز بیستم	۸/۱۷±۱/۵۰a	۹/۹۰±۰/۶۹ ab	۱۰/۲۳±۰/۴۶b
بقاء (درصد)	روز سوم	۸۴/۶±۳/۸a	۸۲/۹±۹/۸a	۷۸/۷±۱۰/۹a
	روز هفتم	۷۲/۶±۵/۸a	۷۴/۷±۱۸/۳ a	۶۳/۸±۳۰/۷a
	روز یازدهم	۶۷/۸±۳/۹a	۷۱/۷±۲۱/۱ a	۶۱/۱±۳۲/۵a
	روز پانزدهم	۶۴/۹±۳/۲a	۷۴/۸±۴/۴a	۵۹/۴±۳۳/۸a
	روز بیستم	۵۸/۷±۲/۶a	۵۹/۵±۱۵/۲ a	۵۹/۶±۳۵/۱a

اعداد در ردیف با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف آماری هستند ($p>0.05$).

ب: بار باکتریایی پساب کلرزنی شده (کلرزنی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر با شوری ۶۰ گرم در لیتر): آنالیز آب انجام شده در تیمارهای کلر زنی شده نشان داد که حتی با وجود اعمال تیمارهای کلرزنی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و حتی پس از اضافه نمودن نمک (۶۰ گرم به ازاء هر لیتر) آلودگی باکتریایی کل در مقیاس MPN (Most Probable Number) شامل توتال کلیفرم، فیکال کلیفرم و آلودگی سالمونلایی از نمونه پساب به صورت کامل حذف نشده است (جدول ۴).

جدول ۴: پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب کلرزنی شده (کلرزنی ۱ و ۳ میلی گرم در لیتر با شوری ۶۰ گرم در لیتر)
Table 4: Physico-chemical parameters of chlorinated wastewater (chlorination of 1 and 3 ppm with salinity of 60 ppt)

	pH	COD	BOD	MPN
شاهد (آب معمولی ۶۰ گرم در لیتر)	۷/۶	۹۱۳	۱	<۱/۸
۶۰ گرم در لیتر+۱ میلی گرم در لیتر	۷/۸	۸۹۰	۲	۳۵
۶۰ گرم در لیتر+۳ میلی گرم در لیتر	۷/۸	۹۰۹	۱/۶	۲۶

ج: بررسی آلودگی بیومس آرتمیا پرورش یافته در تیمارهای مختلف پساب (کلرزنی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر با شوری ۶۰ گرم در لیتر): کشت نمونه‌ها و بررسی میزان آلودگی باکتریایی آن در تیمارهای بیومس مذکور نشان داد که با وجود شستشوی کامل بیومس پرورش یافته در پساب آلوده، همچنان بیومس آرتمیا حاوی مقادیر قابل‌توجهی از عوامل باکتری‌های آلوده‌کننده به‌خصوص در تیمارهای شاهد و تیمار اول (کلر ۱ میلی گرم در لیتر و شوری ۶۰ گرم در لیتر) بود (جدول ۵). این بررسی نشان داد که کلر ۳ میلی گرم در لیتر با شوری ۶۰ گرم در لیتر توانست تا حدودی بار باکتریایی را کاهش دهد.

پرورش آرتمیا درشوری ۸۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر

الف: درصد بقاء در تیمارهای پرورشی در پساب (کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر): بررسی‌های میزان رشد و درصد بقاء آرتمیاهای

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

مربوط به تیمارهای شاهد پرورش یافته در آب معمولی به همراه تیمارهای ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر در شوری ۸۰ گرم در لیتر در روزهای ۳، ۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۰ انجام شد (جدول ۶).

جدول ۵: بار باکتریایی بیومس آرتمیای پرورش یافته در پساب کلردار (۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر با شوری ۶۰ گرم در لیتر)
Table 5: Bacterial load of *Artemia* biomass grown in chlorinated wastewater (1 and 3 ppm with salinity of 60 ppt)

تیمارها	*E. coli*	*Salmonella*
شاهد (آب معمولی ۶۰ گرم در لیتر)	منفی (-)	منفی (-)
۶۰ گرم در لیتر+۱ میلی گرم در لیتر	مثبت (+++)	مثبت (+++)
۶۰ گرم در لیتر+۳ میلی گرم در لیتر	مثبت (+)	مثبت (+)

علامت (+) نشان‌دهنده تعداد کلنی باکتری مشاهده شده در هر میلی‌لیتر از آب کشت داده شده است.

جدول ۶: میزان رشد و درصد بقاء آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر کلر با شوری ۸۰ گرم در لیتر (Mean±sd)
Table 6: Growth (mm) and survival rate of *Artemia* grown in 6 and 9 ppm of chlorine with salinity 80 ppt (Mean ± SD)

	روزهای آزمایش	شاهد (آب معمولی ۸۰ گرم در لیتر)	۶ میلی گرم در لیتر کلر ۸۰ گرم در لیتر شوری	۹ میلی گرم در لیتر کلر ۸۰ گرم در لیتر شوری
رشد (میلی‌متر)	روز سوم	۱/۲۴±۰/۱۵ a	۱/۲۰±۰/۱۱ a	۱/۲۱±۰/۱۲a
	روز هفتم	۳/۲۵±۰/۵۰ a	۳/۲۰±۰/۵۶ a	۳/۳۱±۰/۵۶ a
	روز یازدهم	۵/۴۳±۱/۵۸ a	۵/۲۴±۱/۶۱ a	۵/۵۶±۱/۶۴ a
	روز پانزدهم	۶/۲۳±۱/۲۳ a	۶/۹۵±۱/۰۷ a	۷/۱۸±۱/۱۵ a
	روز بیستم	۷/۸۱±۱/۲۵ a	۸/۶۵±۰/۷۱ ab	۹/۶۶±۰/۵۸b
بقاء (درصد)	روز سوم	۷۴/۰±۹/۴ a	۷۰/۶±۵/۸a	۷۱/۳±۴/۸a
	روز هفتم	۴۰/۰±۹/۱ a	۵۵/۱±۸/۹ a	۴۰/۸±۹/۷a
	روز یازدهم	۳۴/۸±۹/۳ a	۵۰/۷±۸/۱ a	۳۸/۱±۱۰/۵a
	روز پانزدهم	۳۱/۹±۷/۲ a	۴۵/۸±۸/۱ a	۳۴/۴±۱۰/۸a
	روز بیستم	۳۰/۷±۱۳/۶ a	۴۰/۵±۹/۲ a	۳۲/۶±۸/۱a

اعداد در ردیف با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف آماری هستند ($p>0.05$).

این بررسی نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در ۹ میلی‌گرم در لیتر با نمونه شاهد در انتهای دوره پرورش در روز بیستم بود ($p<0.05$). در مابقی روزهای پرورش، اختلافات مشاهده شده بین تیمارهای هیچ اختلاف آماری نشان ندادند ($p>0.05$). اختلاف مشاهده شده در آرتمیاهای پرورش یافته در تیمارهای پساب، نشان‌دهنده این نکته بود که آرتمیاهای مذکور سایز بزرگ‌تری نسبت به تیمار شاهد داشتند. این مطالعه نشان‌دهنده کاهش بقاء در طول دوره پرورش در تمامی تیمارهای آزمایشی بود. اختلافات مشاهده شده بین تیمارهای مختلف نشان داد که هیچ اختلاف آماری بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در آب کلر زنی شده حاوی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر کلر با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p>0.05$).

ب: بررسی بار باکتریایی پساب کلر زنی شده (کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر): به منظور بررسی کیفیت پساب کلرزنی شده در تیمارهای ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر نمونه پساب در تیمارهای مستقل کلر زنی شده و همچنین شوری ۸۰ گرم در لیتر آنالیز میکروبی شد. با توجه به جدول ۹، نتایج این بررسی نشان داد که اولاً با بالا بردن کلر و حتی شوری آب به تنهایی می‌توان آلودگی باکتریایی سالمونلا و مجموع باکتری‌های کلی فرمی را نیز از بین برد و یا کاهش داد. این آزمایش نشان داد که در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

تیمارهای همزمان شوری و کلر در غلظت‌های ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر، شمارش کل (Total count) به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. اما تعدادی باکتری گرم‌مثبت در محیط در تمامی تیمارهای اعمال شده مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ۷: بررسی بار باکتریایی پساب کلر زنی شده (کلرزنی ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر)
Table 7: Evaluation of bacterial load of chlorinated effluent (chlorination of 6 and 9 ppm and salinity of 80 ppt)

تیمارهای آزمایشی	Total count	*E. coli*	*Salmonella*	GR^+ bacteria
پساب	$۸/۷*۱۰^{۴}$	مثبت	مثبت	مثبت
پساب +شوری ۸۰ گرم در لیتر	$۶/۲*۱۰^{۴}$	منفی	منفی	مثبت
کلر ۶ میلی گرم در لیتر+ شوری ۸۰ گرم در لیتر	$۴/۰*۱۰^{۲}$	منفی	منفی	مثبت
کلر ۹ میلی گرم در لیتر+ شوری ۸۰ گرم در لیتر	$۱/۸*۱۰^{۱}$	منفی	منفی	مثبت

ج: بررسی میزان آلودگی بیومس آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای مختلف (شاهد و پساب کلر زنی شده ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر در شوری ۸۰ گرم در لیتر): بررسی انجام یافته در خصوص آلودگی باکتریایی بیومس به روش مذکور در تیمار اول نشان داد که بیومس آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای مذکور فاقد هر گونه بار آلودگی باکتریایی می‌باشد (جدول ۸).

جدول ۸: بار باکتریایی بیومس آرتمیای پرورش یافته در پساب کلردار (۶ و ۹ میلی گرم در لیتر با شوری ۸۰ گرم در لیتر)
Table 8: Bacterial load of *Artemia* biomass grown in chlorinated wastewater (6 and 9 ppm with salinity of 80 ppt)

تیمارها	*E. coli*	*Salmonella*
شاهد (آب معمولی)	منفی (-)	منفی (-)
۸۰ گرم در لیتر+۶ میلی گرم در لیتر	منفی (-)	منفی (-)
۸۰ گرم در لیتر+۹ میلی گرم در لیتر	منفی (-)	منفی (-)

پرورش آرتمیا درشوری ۱۰۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر

الف: درصد بقاء تیمارهای پرورشی در پساب (شوری ۱۰۰ گرم در لیتر و کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر: به منظور بررسی مجدد کیفیت رشد و بقاء آرتمیا، تیمارهایی از آرتمیا در شوری‌های بالاتر، گرم در لیتر ۱۰۰ با کلرزنی در غلظت‌های ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر به همراه تیمار شاهد پرورش داده شد و درصد بقاء و میزان رشد در روزهای ۳، ۱۱،۷، ۱۵ و ۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. خلاصه نتایج در جدول ۹ ارائه شده است. این بررسی نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در ۹ میلی‌گرم در لیتر با نمونه شاهد در انتهای دوره پرورش در روز بیستم بود ($p<0.05$). در مابقی روزهای پرورش، اختلافات مشاهده شده بین تیمارها هیچ اختلاف آماری نشان نداد ($p>0.05$). اختلاف مشاهده شده در آرتمیاهای پرورش یافته در تیمارهای پساب نشان‌دهنده این نکته بود که آرتمیاهای مذکور سایز بزرگ‌تری نسب به تیمار شاهد داشتند. این مطالعه همچنین نشان‌دهنده کاهش بقاء در طول دوره پرورش در تمامی تیمارهای آزمایشی می‌باشد. نتایج نشان داد که هیچ اختلاف آماری بین تیمارهای آرتمیای پرورش یافته در آب کلرزنی شده حاوی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر کلر با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p>0.05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

جدول ۹: میزان رشد و درصد بقاء آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر کلر با شوری ۱۰۰ گرم در لیتر (Mean±sd)

Table 9: Growth (mm) and survival rate of *Artemia* grown in 6 and 9 ppm of chlorine with salinity 100 ppt (Mean ± SD)

	روزهای آزمایش	شاهد (آب معمولی ۱۰۰ گرم در لیتر)	۶ میلی گرم در لیتر کلر ۱۰۰ گرم در لیتر شوری	۹ میلی گرم در لیتر کلر ۱۰۰ گرم در لیتر شوری
رشد (میلی‌متر)	روز سوم	۱/۱۲±۰/۱۲ a	۱/۱۵±۰/۱۰ a	۱/۱۳±۰/۱۱ a
	روز هفتم	۳/۰۳±۰/۲۸ a	۳/۱۱±۰/۷۸ a	۳/۱۰±۰/۴۵ a
	روز یازدهم	۵/۴۳±۱/۵۸ a	۶/۱۲±۱/۳۲ a	۵/۹۵±۱/۲۱ a
	روز پانزدهم	۶/۳۵±۱/۲۷ a	۷/۳۵±۱/۲۳ a	۷/۱۴±۱/۱۲ a
	روز بیستم	۷/۹۱±۱/۱۵ a	۹/۱۲±۱/۲۵ ab	۸/۶۶±۰/۹۵ b
بقاء (درصد)	روز سوم	۸۲/۰±۹/۴ a	۸۵/۶±۵/۸ a	۸۴/۳±۴/۸ a
	روز هفتم	۷۹/۰±۹/۱ a	۸۱/۱±۸/۵ a	۷۹/۸±۹/۶ a
	روز یازدهم	۷۶/۸±۱۰/۲ a	۷۶/۷±۷/۱ a	۷۴/۱±۹/۵ a
	روز پانزدهم	۷۲/۹±۶۰/۳ a	۷۴/۸±۷/۶ a	۷۰/۴±۹/۵ a
	روز بیستم	۷۰/۷±۱۳/۶ a	۷۳/۵±۹/۲ a	۷۱/۶±۸/۱ a

اعداد در ردیف با حروف لاتین یکسان فاقد اختلاف آماری هستند ($p>0.05$).

ب: بررسی میزان و انواع آلودگی پساب کلر زنی شده (کلرزنی ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۱۰۰ گرم در لیتر): به منظور بررسی کیفیت پساب کلرزنی شده در تیمارهای ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و شوری ۱۰۰ گرم در لیتر نمونه‌های پساب در تیمارهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی ضمن نشان دادن حذف ۱۰۰٪ بار باکتریایی کلیفرم کل و فقدان سالمونلا در محیط نشان داد که کلر زنی با مقادیر مذکور می‌تواند در حذف آلودگی موثر باشد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: بررسی بار باکتریایی پساب کلرزنی شده (کلرزنی ۶ و ۹ میلی گرم در لیتر و شوری ۸۰ گرم در لیتر)

Table 10: Evaluation of bacterial load of chlorinated effluent (chlorination of 6 and 9 ppm and salinity of 80 ppt)

تیمارهای آزمایشی	Total count	*E. coli*	*Salmonella*	GR^+ bacteria
پساب	$۸/۷\times۱۰^{۴}$	مثبت	مثبت	مثبت
پساب + شوری ۱۰۰ گرم در لیتر	$۴/۳\times۱۰^{۳}$	منفی	منفی	مثبت
کلر ۶ میلی گرم در لیتر+ شوری ۱۰۰ گرم در لیتر	$۲/۴\times۱۰^{۱}$	منفی	منفی	مثبت
کلر ۹ میلی گرم در لیتر+ شوری ۱۰۰ گرم در لیتر	$۰/۲\times۱۰^{۱}$	منفی	منفی	مثبت

ج: بررسی میزان آلودگی بیومس آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای مختلف (شاهد و پساب کلرزنی شده ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر در شوری ۱۰۰ گرم در لیتر): بررسی انجام یافته در خصوص آلودگی باکتریایی بیومس به روش مذکور در تیمار اول نشان داد که بیومس آرتمیای پرورش یافته در تیمارهای مذکور فاقد هر گونه بار آلودگی باکتریایی می‌باشد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱: بار باکتریایی بیومس آرتمیای پرورش یافته در پساب کلردار (۶ و ۹ میلی گرم در لیتر با شوری گرم در لیتر ۱۰۰)

Table 11: Bacterial load of *Artemia* biomass grown in chlorinated wastewater (6 and 9 ppm with salinity of 100 ppt)

تیمارها	*E. coli*	*Salmonella*
شاهد (آب معمولی گرم در لیتر ۱۰۰)	منفی (-)	منفی (-)
۱۰۰ گرم در لیتر+۶ میلی گرم در لیتر	منفی (-)	منفی (-)
۱۰۰ گرم در لیتر+۹ میلی گرم در لیتر	منفی (-)	منفی (-)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

بحث

ایران به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه با کاهش منابع آب تجدید شونده مواجه است و در این راستا متولیان امر، پالایش و استفاده مجدد از پساب‌های شهری و صنعتی و آبهای برگشتی را به عنوان منابعی جدید برای جبران بخشی از این کمبودها مورد توجه قرار داده‌اند. در حال حاضر، حدود ۹۳ درصد از کل آب مصرفی ایران صرف آبیاری حدود ۸/۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی شده و سهم بخش شرب و صنعت به‌ترتیب ۵/۸ و ۱/۲ می‌باشد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹). طبق پیش‌بینی به‌عمل آمده، در سال ۱۴۰۰، سالانه بیش از ده میلیارد متر مکعب آب در بخش‌های شرب و صنعت مصرف خواهد شد که حدود ۷ میلیارد متر مکعب آن به صورت پساب قابل بازیابی و استفاده مجدد می‌باشد، لیکن هر یک از گروه‌های مذکور کیفیت، از اختصاصات و اثرات بهداشتی و زیست محیطی خاص خود برخوردار و به منظور استفاده مجدد، به تکنیک‌های خاص جهت پالایش نیازمند می‌باشند (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹).

در ایران نیز ضوابطی برای استفاده مجدد از پساب تعریف شده است (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹). بر اساس دستورالعمل تهیه شده از این سازمان که مطابق با دستوالعمل سازمان بهداشت جهانی می‌باشد، پساب مورد استفاده برای استخرهای پرورش ماهی باید عاری از تخم انگل نماتودها باشد و تعداد کلی فرم مدفوعی در آنها بیش از ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی یتر نباشد (سازمان بهداشت جهانی و معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹). بعضی از نماتودها از جمله کلونورکیس، شیستوزوما از جمله انگل‌هایی هستند که در استفاده از این منابع برای آبزی‌پروری دارای محدودیت می‌باشند. در استفاده از پساب‌های شهری در آبزی پروری مهم‌ترین عامل محدودیت‌زا، کلی فرم، فکال کلی‌فرم و تخم انگل نماتود می‌باشد (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، ۱۳۸۹).

البته بر اساس مطالعات به‌عمل آمده در کشورهای مختلف، استانداردهای متفاوتی بر اساس شرایط بهداشتی و دینی برای استفاده از پساب در حوزه آبزی‌پروری ارائه شده است. بر اساس مطالعات Mara وCairncross (۱۹۸۹) میزان کلی‌فرم مدفوعی مجاز برای استفاده در آبزی‌پروری می‌تواند تا حد ۱۰۰۰ عدد در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر یا ۱۰۰ گرم بیومس باشد. در سیستم‌های مدرن پیش از وارد نمودن پساب به استخرهای پرورش ماهی، انواع دیگری از موجودات از جمله انواع باکتری‌ها، جلبک‌های پرسلولی و تک‌سلولی، حتی زئوپلانکتون‌ها و گیاهان در چنین پسابی، پرورش داده می‌شود. این‌کار ضمن تولید محصول خاص، موجب تصفیه ثانویه آب می‌شود و حتی پساب تولیدی از چنین مزارع پرورش ماهی در ادامه جهت پرورش سایر سخت‌پوستانی که نیازمند آبی با کیفیت پائین‌تر هستند، به‌کار می‌رود (WHO, 2006a). تحقیق حاضر به عنوان اولین مطالعه در خصوص بررسی امکان پرورش آرتمیا با استفاده از پساب تصفیه خانه‌های شهری می‌باشد. نتایج بررسی‌های اولیه حاکی از آلودگی شدید پساب کلرزنی شده در تصفیه‌خانه به انواع میکروب‌های بیماری‌زا بود که پیش از آزمایش با اعمال تیمارهای مختلف کلرزنی و افزایش شوری به استاندارد جهانی رسید (جدول ۱) (WHO, 2006a).

توانایی پرورش آرتمیا (و سایر زئوپلانکتون‌ها) به عنوان یک زئوپلانکتون بسیار مقاوم و با ارزش تجاری بالا در چنین سیستم‌هایی، ما را قادر می‌سازد که بتوان حتی از پساب‌هایی با کیفیت پائین جهت پرورش این دسته از موجودات استفاده نمود. به‌هرحال، حتی در صورت استفاده از آرتمیا برای پرورش با پساب، این آب تا حد امکان بایستی بتواند شاخص‌های سلامتی اولیه را حائز گردد تا بتواند در اختیار آبزی‌پرور و صنعت آبزی‌پروری قرار گیرد. بررسی‌های اولیه انجام شده نشان‌دهنده بار آلودگی نسبتاً بالای پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر میاندوآب است که به عنوان یک تیمار ساده و استاندارد طی آزمایش باید نسبت به ضدعفونی پساب اقدام نمود. گندزدایی آب آشامیدنی با هدف نابودی عامل‌های میکروبی بیماری‌زا، کنترل میکروارگانیسم‌های مزاحم، ممانعت از رشد مجدد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

میکروبی در شبکه‌های آب‌رسانی و حذف یا تقلیل رنگ، طعم و بوی آب به انجام می‌رسد. در تحقیق حاضر، به دلایل مختلف علمی از کلر زنی برای حذف آلودگی‌های آب استفاده شد. در کلرزنی پساب فاضلاب نیز هر چند به اعتقاد سازمان جهانی بهداشت، کلرزنی پساب فاضلاب‌ها به دلایل متعدد دشوار بوده و دستیابی به کیفیتی از پساب کلرینه شده که همواره شاخص‌های بهداشتی را تأمین کند، به تقریب ناممکن و غیراقتصادی است، اما با این‌حال، در شرایط خاص، موفقیت در کلرزنی پساب را منوط به نیل به شاخص‌های BOD کمتر از ۲۰ و به ترجیح کمتر از ۱۰، COD کمتر از ۴۰ و TSS کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر دانسته است.

آنالیز اولیه میکروبی پساب نشان داد که پساب تصفیه‌خانه میاندوآب پیش از کلرزنی، استاندارد تصفیه خانه حاوی مقادیر بالایی از کلیفرم مدفوعی[1] و BOD بالایی هست که امکان استفاده از این آب را برای هر گونه استفاده‌ای غیر ممکن می‌سازد. آنالیز پس از کلرزنی انجام شده (معمولا به‌وسیله استاندارد سازمان آب و فاضلاب انجام می‌شود) نیز نشان داد که با وجود کاهش شدید و معنی‌دار هر دو پارامتر مذکور (FC=۲۰۰ و BOD=۳۰)، همچنان این آب قادر به ارائه به بخش آبزی‌پروری نمی‌باشد (WHO, 2006a). کلرزنی تکمیلی در فاز اول با مقادیر ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر و افزودن نمک تا میزان گرم در لیتر ۶۰ نشان داد که میزان BOD تا حدود ۲-۱ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است که تأمین‌کننده میزان استاندارد جهانی می‌باشد لیکن میزان کلیفرم مدفوعی هنوز هم حدود ۴۰-۲۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد. با وجود موفقیت در پرورش آرتمیا در این آب، همچنان آب مذکور قابل استفاده در آبزی‌پروری نیست و حتی پس از شستشوی آرتمیا بر اساس آنچه که توصیه علمی شده است، امکان استفاده از این آب وجود ندارد. در ادامه با افزودن مقادیر بالاتری نمک (۸۰ گرم در لیتر) و کلر ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر، موفق به تأمین شرایط نزدیک به استاندارد پساب قابل استفاده در آبزی‌پروری گردید. بر اساس آنچه از نتایج این تحقیق حاصل شد، افزودن مقادیر مذکور از نمک و کلر توانسته است موجبات حذف عوامل آلوده‌کننده از آب پرورش آرتمیا شود.

بررسی نتایج حاصل از پرورش آرتمیا در تیمارهای مختلف پساب کلرزنی شده با تیمارهای ۱، ۳، ۶ و ۹ میلی‌گرم در لیتر و سه شوری مختلف ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ گرم در لیتر نشان داد که هیچ تفاوتی از نظر بقاء و رشد مابین تیمارهای آرتمیاهای پرورش یافته در شرایط مذکور وجود ندارد. مقایسه نتایج مذکور با نتایج مشابه در خصوص پرورش آرتمیا در چنین سیستم‌های آزمایشگاهی با استفاده از آب معمولی نشان می‌دهد که در اغلب موارد پرورش آرتمیا با پساب حاوی انواع دیتریت‌ها حتی تضمین‌کننده رشد بهتری نیز می‌باشد (جعفری، ۱۳۹۳؛ میرامینی و همکاران، ۱۴۰۰ ;Manaffar, 2012).

نتایج نشان داد که پساب پس از کلرزنی علاوه بر اینکه محیط مناسبی برای رشد آرتمیا فراهم می‌کند، آلودگی باکتریایی را نیز کاهش می‌دهد و نهایتاً باعث ایجاد محصولی (بیومس آرتمیا) فاقد بار آلودگی می‌شود. وجود پائین بودن میزان آلودگی باکتریایی آب مورد استفاده در مرحله اول (کلرزنی ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر) آرتمیا ناقل تعدادی از باکتری‌های مذکور می‌باشد. این درحالی است که آرتمیا به‌خودی‌خود در این آب پرورش یافته و بدون مشاهده اختلاف معنی‌دار در رشد و بقاء توانسته است در این محیط رشد یابد. با توجه به آلودگی شرعی (نجاست) پساب تصفیه‌خانه‌های شهری و نظر به کسب نتایج موفق از کشت آرتمیا و احتمالاً امکان استفاده از این آب جهت پرورش سایر آبزیان همچون ماهیان، مسئله آلودگی شرعی پساب و آبزیان پرورش‌یافته با این آب از دفتر مقام معظم رهبری (از طریق دفتر نهاد رهبری دانشگاه ارومیه) مورد استعلام قرار گرفت. بر اساس فتوای مقام معظم رهبری، هر موجود پرورش‌یافته در داخل آب نجس به دلیل تغییر حالت و ماهیت بیومس، حلال و قابل استفاده می‌باشد.

[1] Fecal Coliforn

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

تشکر و قدردانی

این پروژه به سفارش و حمایت مالی اداره آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی و مساعدت دانشگاه ارومیه، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه انجام شد. بدینوسیله از کلیه مسئولین و کارشناسان مربوطه کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

جعفری، گ.، ۱۳۹۳. تاثیر تغذیه با پروتئین‌های شوک حرارتی مخمر تک سلولی بر میزان رشد وبقاء *A. urmiana* و *A. franciscana* در شرایط استرس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه ارومیه. ۸۹ صفحه.

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب های برگشتی و پساب‌ها، ص ۱۷-۱۹.

شرکت مهندسین مشاور جاماب، ۱۳۸۳. طرح مطالعات برنامه سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک، گزارش آب مورد نیاز شرب شهری و روستایی، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.

شرکت مهندسین مشاور جاماب، ۱۳۸۳. طرح مطالعات برنامه سازگاری با اقلیم خشک و نیمه خشک. گزارش آب مورد نیاز صنعت و معدن، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.

طرفی، م.، رجب زاده قطرمی، ا. و محمدی آزرم، ح.، ۱۴۰۱. اثر سیستم بیوفلاک بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی جوان کپور معمولی در تراکم‌های مختلف پرورشی. *مجله علمی شیلات ایران*، ۳۱(۱): ۳۵-۴۶. DOI: 10.22092/ISFJ.2022.126460

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب های برگشتی و پسا بها. نشریه شماره ۵۳۵. ۱۵۵ صفحه.

میرامینی، ه.، حسینی، س.ع.، قربانی، ر.، نوری، ف. و رضایی، ح.، ۱۴۰۰. تصفیه فاضلاب صنایع لبنی با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (Spirulina platensis). *مجله علمی شیلات ایران*، ۳۰(۳): ۹۵-۱۰۹. DOI: 10.22092/ISFJ.2021.124872

نکوئی‌فرد، ع.، مناف فر، ر.، مطلبی مغانجوغی، ع. و شریفیان، م.، ۱۳۹۱. توانایی بسترهای مختلف نشست باکتریایی تصفیه آب در سیستم‌های مدار بسته پرورش آبزیان. مجله علمی شیلات ایران، نشریه شماره ۲۱ (۳).

Bose, P.C., 1944. Calcutta sewage and fish culture. *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*, 10(4): 443–454.

Coutteau, P., Brendonck, L., Lavens, P. and Sorgeloos, P., 1992. The use of manipulated baker's yeast as an algal substitute for laboratory culture of Anostraca. *Hydrobiologia*, 234: 25-32. Doi:10.1007/BF00010776.

Djajadiredja, R., Koesoemadinata, S., Jangkaru, Z., Kodijat, S. and Kertaman, O., 1979. The role of nightsoil and household wastes in freshwater fish culture: a case study in West Java, Indonesia. Paper presented at International Development Research Centre Nightsoil Survey Leaders'Meeting.

Edwards, P. and Pullin, R.S.V., 1990. Wastewater-fed aquaculture; proceedings of the International Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse for Aquaculture. In International Seminar on Wastewater Reclamation and Reuse for Aquaculture. ENSIC.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

Edwards, P., 1992. Reuse of Human Waste in Aquaculture, a Technical Review. Washington, USA: UNDP-World Bank Water and Sanitation Program.

Edwards, P., 2000. Wastewater-fed aquaculture: state-of-the-art. Proceedings of the International Conference on Ecological Engineering, 23-27 November, 1998, Science City, Calcutta.

Edwards, P., 2005. Development status of, and prospects for, wastewater-fed aquaculture in municipal environments. *Municipal Aquaculture. Costa-Pierce B, Desbonnet A, Edwards P, Baker D, editors. Wallingford Oxfordshire: CABI Publishing*, pp.45-59.

FAO., 2016. The state of world fisheries and aquaculture (2016) contributing to food security and nutrition for all. FAO, Rome, p 14.

Gajardo, G., Abatzopoulos, T.J., Kappas, I. and Beardmore, J.A., 2002. Chapter V. Evolution and speciation. InAbatzopoulos, T.J., Beardmore, J.A., Clegg, J.S., Sorgeloos, P. (Eds). *Artemia*basic and applied biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 225-250.

Gallardo-Collí, A., Pérez-Rostro, C.I. and Hernández-Vergara, M.P., 2019. Reuse of water from biofloc technology for intensive culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): effects on productive performance, organosomatic indices and body composition. *International Aquatic Research*, 11(1): 43-55. Doi: 10.1007/s40071-019-0218-9

Ghosh, D., 1997. Ecosystems approach to low-cost sanitation in India: where the people know better. In: Etnier C, Guterstam B, eds. Ecological engineering for wastewater treatment, 2nd ed. Proceedings of the international conference at Stensund Folk College, Sweden. Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 51–65.

Gijzen, H.J. and Ikramullah M., 1999. Pre-feasibility of duckweed-based wastewater treatment and resource recovery in Bangladesh. World Bank report, pp185.

Lavens, P. and Sorgeloos, P. (eds)., 1996. Manual on the production and use of live foodfor aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper No. 361.

Li, S.F., 1997. Aquaculture and its role in ecological wastewater treatment. In: Etnier C, Guterstam B, eds. Ecological engineering for wastewater treatment, 2nd ed. Proceedings of the international conference at Stensund Folk College, Trosa, Sweden. Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 37–49.

Little, D.C. and Pham, A.T., 1995. Overview of freshwater fi sh seed production and distribution in Vietnam. Bangkok, Asian Institute of Technology (Working Paper No. NV-6).

Manaffar, R., 2012. Genetic diversity of *Artemia* populations in Lake Urmia, Iran. PhD thesis, Ghent University, Belgium. 160 p.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

Mara, D. and Cairncross, S., 1989. Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. World Health Organisation.

Neveux, N., Magnusson, M., Mata, L., Whelan, A., De Nys, R. and Paul, N.A., 2016. The treatment of municipal wastewater by the macroalga Oedogonium sp. and its potential for the production of biocrude. *Algal Research*, 13: 284-292. DOI: 10.1016/j.algal.2015.12.010.

Prein, M., 1996. Wastewater-fed aquaculture in Germany: a summary. In: Staudenmann J, Schönborn A, Etnier C, eds. Recycling the resource, proceedings of the second international conference on ecological engineering for wastewater treatment, School of Engineering, Wädenswil-Zürich, 18–22 September 1995. Zurich, Transtec Publications, pp. 155–160.

Sorgeloos, P., Bengston, D.A.W., Decleir, E. and Jaspers, E. (eds). 1987. *Artemia* research and its applications. Vol. 1. Morphology, genetics, strain characterization, toxicology. Universa Press, Wetteren, Belgium.

Sorgeloos, P., Dhert, P. and Candreva, P., 2001. Use of the Brine shrimp, *Artemia* spp., on marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200: 147-159. Doi:10.1016/S0044-8486(01)00698-6.

Srimongkol, P., Tongchul, N., Phunpruch, S. and Karnchanatat, A., 2019. Ability of marine cyanobacterium Synechococcus sp. VDW to remove ammonium from brackish aquaculture wastewater. *Agricultural Water Management*, 212: 155-161. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.09.006.

Triantaphyllidis, G.V., Criel, G.R.J., Abatzopoulos, T.J. and Sorgeloos, P., 1997a. International Study on *Artemia*. LIII. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. I. Bisexual populations. *Hydrobiologia*, 357: 139-153. Doi:10.1023/A:1003190905100.

Triantaphyllidis, G.V., Criel, G.R.J., Abatzopoulos, T.J. and Sorgeloos, P., 1997b. International Study on *Artemia*. LIV. Morphological study of *Artemia* with emphasis to Old World strains. II. Parthenogenetic populations. *Hydrobiologia*, 357: 155-163. Doi:10.1023/A:1003195021939.

WHO., 2006a. Guidelines for the safe use of wastwater, excreta and greywater Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture.

WHO., 2006b. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater Volume 4, Excreta and greywater use in agriculture.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]

Reuse of treated municipal wastewater of Miandoab for rearing *Artemia urmiana* (Günther, 1890)

Manaffar R.[1*]; Gadimi S.[2]; Moradkhani S.[3] ; Ahour F.[4]

[*]Raminmanaffar@gmail.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran.
2-Fisheries Specialist, Miandoab, Iran.
3-Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran.
4- Faculty of Nanotechnology, Urmia University, Urmia, Iran.

Abstract:
Reuse of industrial and municipal wastewater in agriculture and aquaculture has always been considered. Recent drought crises in Iran and other parts of the world have made this issue even more important. In the present study, Miandoab's municipal wastewater was used for the cultivation of *Artemia urmiana*, and the performance of growth and survival and bacterial flora of *Artemia* was evaluated in this system. For this purpose, firstly, after checking the bacterial load in the wastewater, three different treatments including salinity of 60, 80 and 100 g/l and chlorination of 1, 3, 6 and 9 mg/l of the wastewater were improved. The breeding was carried out in a controlled and standard laboratory condition for a 20-day period, the growth and survival rate of *Artemia* was compared with the control. At the end of the course, the bacteria and infection rate of the *Artemia* biomass were measured. The results showed that in all treatments, the growth and survival of *Artemia* in wastewater was higher than the control treatment in normal water and this difference was significant in most cases ($p<0.05$). Increasing the salinity between 80 to 100 g/l and chlorination up to 6 to 9 mg/ could significantly reduce the bacterial load of the biomass grown in the system ($p<0.05$). As a final conclusion, it can be argued that due to the inherent and nutritional characteristics of the *Artemia* and the quality of wastewater, this water can be used successfully to cultivate *Artemia* massively. Also, by increasing water salinity and chlorination, the bacterial flora of the municipal wastewater can be reduced to an extent that the produced biomass is free of contamination.

Keywords: *Artemia*, Bacterial flora, Rearing, Municipal wastewater

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.4.2.0]