

## بررسی امکان تصفیه پساب گاوداری با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*)

جهانگیر فلامرزی<sup>۱</sup>، زهرا قاسمی<sup>۲\*</sup>، محمدعلی نعمت‌اللهی<sup>۳</sup>

۱- گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان

۲- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان

۳- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

### چکیده

تصفیه پساب به‌وسیله ریزجلبک و استفاده مجدد از آن در جهت کاهش مصرف آب و حفظ منابع آبی مهم می‌باشد. در این مطالعه امکان پرورش ریزجلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) بر روی پساب گاوداری و امکان تصفیه پساب با استفاده از ریزجلبک بررسی شد. غلظت‌های متفاوت محیط کشت استاندارد (زاروک) - پساب به‌منظور بررسی رشد جلبک بر روی پساب و تعیین غلظت مناسب پساب - زاروک برای رشد بهینه استفاده شد. تیمار اول (T1) شامل ۱۰۰ درصد زاروک و بدون پساب، تیمار دوم (T2) شامل ۷۵ درصد زاروک و ۲۵ درصد پساب، تیمار سوم (T3) شامل ۵۰ درصد زاروک و ۵۰ درصد پساب، تیمار چهارم (T4) شامل ۲۵ درصد زاروک و ۷۵ درصد پساب و تیمار پنجم (T5) شامل ۱۰۰ درصد پساب بدون زاروک بود. تیمارهایی که مقادیر بیشتری زاروک به نسبت پساب داشتند، رشد بهتری نشان دادند و آنها که غلظت پساب بیشتری داشتند غالباً رشد به نسبت کمتری از زیست توده جلبک در طول دوره یک ماهه کشت نشان دادند. نتایج نشان‌دهنده رشد بالای جلبک بر روی پساب غلیظ بود. تیمار T1 با ۰/۳۴ و T2 با ۰/۳ گرم بر لیتر زیست توده خشک دارای بیشترین میزان زیست توده از ریزجلبک بودند. تیمارهای T5، T3، T4، T2، T1 به ترتیب دارای بیشترین تا کمترین میزان تولید رنگدانه فیکوسیانین بودند. بیشترین حذف نیترات مربوط به T5 و T4 به ترتیب با ۸۲/۵۷ و ۷۸/۲۱ درصد و کمترین میزان حذف نیترات هم مربوط به T1 و T2 به ترتیب با ۵۷/۱۷ و ۷۰/۹۴ درصد بعد از ۲۰ روز بود. بیشترین میزان حذف فسفات مربوط به T1 و T2 به ترتیب با ۹۴ و ۹۲/۱۱ درصد و کمترین میزان حذف فسفات هم مربوط به T4 با ۸۴ درصد بود. نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده پتانسیل بالای ریزجلبک *A. platensis* در تصفیه پساب دامی می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** زیست‌توده جلبک، پساب دامی، تولید رنگدانه، حذف نیترات.

### مقدمه

پساب دامداری‌ها عمدتاً غنی از نیترات و فسفات می‌باشد که وارد چرخه محیط‌زیست می‌گردد. بازیابی منابع موجود در پساب دامی مانند آب، ترکیبات آلی و مواد مغذی، برای ترویج رویکرد اقتصاد زیستی و جلوگیری از بهره برداری بیش از حد از منابع طبیعی و آلودگی منابع آب ضروری است [۱]. این گونه پساب‌ها دارای ترکیبات شیمیایی و حتی سمی هستند که نباید مستقیماً در منابع آبی تخلیه گردند و می‌بایست قبل از آن، مطابق با استانداردها، پساب‌های خروجی را تصفیه نمود. چنانچه پساب دامپروری‌ها به‌خوبی مدیریت نگردند آلاینده‌های ناشی از آن‌ها از طریق روان آب‌ها وارد منابع آب می‌گردند و اینجاست که لزوم تصفیه پساب دامپروری آشکار می‌گردد [۲]. روش‌های شیمیایی و فیزیکی زیادی برای از بین بردن یا کاهش عناصر و آلاینده‌های آب خصوصاً فسفر و نیتروژن وجود دارد، اما هزینه بالای اجرای این روش‌ها سبب گردیده تا تحقیقات در زمینه زیست فناوری با کمک ریزجلبک‌ها به‌عنوان فیلترهای زیستی با راندمان بالا و حداقل هزینه اجرا از اهمیت زیادی برخوردار گردد. در زیست فناوری استفاده از ریزجلبک به‌عنوان فیلترهای زیستی، علاوه بر کاهش قابل توجه آلاینده‌های موجود در محیط آبی خصوصاً ترکیبات نیتروژنه و فسفر و عناصر سنگین، از زیست‌توده حاصل از ریزجلبک‌ها در جهت تولید بیودیزل و یا ترکیبات بیوشیمیایی با کاربردهای متنوع استفاده می‌گردد [۳].

### نوع مقاله

#### مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۵

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۳/۰۳/۲۰

\*نویسنده مسول:

z.ghasemi@hormozgan.ac.ir

ریزجلبک‌ها نسبت به غلظت‌های بالای آمونیم مقاوم هستند که به آنها توانایی رشد در پساب‌هایی مانند پساب دامی را می‌دهد. پساب دامی را می‌توان به عنوان یک جایگزین پایدار برای تامین مواد مغذی مورد نیاز ریزجلبک‌ها برای رشد در نظر گرفت [۴]. بنابراین، تصفیه پساب مبتنی بر ریزجلبک به عنوان یک روش امیدوارکننده برای تصفیه پساب دامی مورد توجه قرار گرفته است [۵، ۶]. در این روش، نیتروژن و فسفر موجود در پساب دامی با نیاز به انرژی کم به دلیل فعالیت فتوسنتزی ریزجلبک‌ها حذف می‌گردد و در نتیجه می‌تواند مقادیر زیادی CO<sub>2</sub> را از جو تثبیت کند. این روش در مقایسه با انعقاد/لخته‌سازی که روش‌های رایج تصفیه پساب دامی هستند، به مصرف آب، انرژی و هزینه‌های عملیاتی کمتری نیاز دارد در حالی که پتانسیل بازیابی مواد مغذی را دارد [۷، ۸، ۹]. علاوه بر این، جذب همزمان نیتروژن و فسفر در این روش را می‌توان در یک مرحله به وسیله ریزجلبک‌ها انجام داد، برخلاف روش‌های فیزیکوشیمیایی که در آن نیتروژن و فسفر باید با استفاده از دو فرآیند جداگانه از پساب حذف شوند (نیتروژن از طریق نیتریفیکاسیون - نیترات زدایی به گاز تبدیل می‌شود، در حالیکه فسفر با استفاده از نمک‌های فلزی رسوب می‌کند) [۱۰، ۱۱].

اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) ریزجلبک رشته‌ای و معلق در آب بوده و ساختاری استوانه‌ای و مارپیچ دارد و در زیستگاه‌های مختلف آب شیرین و شور زندگی می‌کند. ریزجلبک‌ها می‌توانند از نیتروژن، فسفر و دیگر مواد مغذی موجود در پساب برای افزایش تعداد سلول‌هایشان بهره بگیرند [۱۲]. در حال حاضر و بر اساس منابع موجود دو گونه جلبک از جنس اسپیرولینا شامل *Arthrospira* و *Arthrospira maxima* با استفاده از محیط کشت پساب خانگی و آب دریای غنی شده در کشورهایی چون هند، مکزیک، شیلی، الجزایر، چاد، تایلند، تایوان، ایتالیا تولید می‌شوند. در مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۸ از پساب تصفیه‌خانه پساب شهری و پساب تصفیه‌شده سرویس بهداشتی به عنوان محیط کشت در تولید ریزجلبک اسپیرولینا استفاده شد. در کشت با پساب شهری در مدت ۸ روز ۳۷ درصد فسفر حذف شد و با کاهش غلظت فسفر در پساب، میزان زیست‌توده و درصد حذف فسفر کاهش یافت [۳]. در مطالعه‌ای دیگر ریزجلبک‌های کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا برای حذف فسفات از پساب شهری طی دوره‌ی ۸ روزه پرورش داده شدند و درصد حذف فسفات توسط کلرلا به ترتیب ۲۴/۴۵، ۳۸/۰۱، ۴۰/۶۵ و ۷۲/۲۱ درصد و توسط اسپیرولینا به ترتیب ۱۰/۴۴، ۲۰/۰۱، ۲۰/۱۳ و ۴۲/۱۹ درصد برای روزهای ۱، ۴، ۶ و ۸ بود و با افزایش رشد ریزجلبک‌ها فسفات بیشتری حذف شد [۱۳]. تحقیق دیگری بر روی ریزجلبک *Scenedesmus obliquus* در حذف فسفات از پساب پرورش میگوی گمیشان در یک دوره ۱۰ روزه صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان ماده خشک و کلروفیل در طول دوره افزایش معنی‌داری پیدا نموده است و میزان فسفات P و PO<sub>4</sub> کاهش معنی‌داری نشان دادند [۱۴]. در مطالعه دیگر توانایی ریزجلبک اسپیرولینا در تصفیه پساب صنایع لبنی و حذف مواد مغذی همراه با تولید بیومس مورد بررسی قرار گرفت و دو غلظت از ریزجلبک اسپیرولینا (۰/۵۱ و ۰/۱ گرم بر لیتر) در سه رقت (۲۵ و ۵۰ و ۷۵ درصد) پساب لبنی کشت داده شد. بالاترین درصد حذف نیترات، فسفات، آمونیاک به ترتیب ۹۹/۸۵، ۸۲/۶، ۹۹/۸۳ درصد و حداکثر میزان بیومس ۰/۰۱ + ۱/۶۹ گرم بر لیتر در رقت ۲۵ درصد پساب به دست آمد. همراه با کاهش درصد رقیق‌سازی پساب صنایع لبنی و افزایش میزان مواد مغذی در دسترس ریزجلبک مقادیر بیشتری از مواد مغذی حذف شدند و میزان نیترات و آمونیاک تقریباً به حذف ۱۰۰ درصد رسید و مقادیر بیومس افزایش یافت [۱۵]. در سال ۲۰۱۰ از گونه اسپیرولینا برای تصفیه پساب خوکی استفاده شد. نتایج نشان داد که رقیق‌سازی بالا برای فرآیند رشد جلبک در پساب خوکی لازم است، زیرا جلبک به دلیل مقادیر زیاد مواد در پساب و مقادیر زیاد رنگ، کدورت و تیرگی که بر روی فتوسنتز جلبک اثر منفی می‌گذارد قادر به سازش با محیط نمی‌باشد. درصد حذف فسفات و نیتروژن به ترتیب ۹۶ و ۸۷ درصد در پساب ۱۰ درصد رقیق شده خوکی به دست آمد [۱۶]. در مطالعه‌ای دیگر، اسپیرولینا در محیط حاوی فضولات مرغ خانگی و ماکیان به عنوان سوبسترا به‌طور موفقیت‌آمیزی کشت داده شد. بعد از دو هفته از سیکل رشد، مقدار بیومس خشک اسپیرولینا حدود ۱/۳ گرم بر لیتر به دست آمد. نتایج نشان داد که فضولات مرغ و ماکیان پتانسیل بالایی برای کشت تجاری اسپیرولینا دارند و کودهای مرغی و ماکیان را می‌توان به‌صورت تجاری به عنوان مکمل به محیط کشت اسپیرولینا افزود [۱۷].

مطالعه دیگری که بر روی تصفیهٔ پساب حوضچهٔ کشت تیلایا صورت گرفت، از پساب حوضچهٔ ماهی به دلیل مقادیر بالای فسفر و نیتروژن برای بهبود رشد ریزجلبک‌ها استفاده شد و زیست‌توده به دست آمده برای تولید بیواتانول مورد استفاده قرار گرفت [۱۸].

علی‌رغم کاربرد وسیع ریزجلبک‌ها در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی، یکی از مشکلات تولید انبوه آنها، هزینه بالای کشت است که می‌توان با کشت ریزجلبک‌ها در پساب که به طور گسترده در دسترس هستند کاهش داد و در عین حال می‌توان منجر به پاکسازی پساب‌ها شد با توجه به بررسی مطالعات انجام شده، تاکنون مطالعه‌ای در مورد پرورش ریزجلبک اسپیرولینا در پساب گاوداری و استفاده از این ریزجلبک برای تصفیه این نوع پساب انجام نشده است. لذا در این مطالعه کشت ریزجلبک اسپیرولینا در پساب گاوداری با هدف بررسی خصوصیات ریزجلبک پرورش یافته در مقایسه با محیط کشت استاندارد زاروک و همچنین قابلیت ریزجلبک در حذف فسفات و نترات از پساب انجام شد.

## مواد و روشها

### کشت ریزجلبک

استوک خالص ریزجلبک اسپیرولینا از پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در کرج تهیه شد و در ارلن مایرهای با حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر با دمای  $31 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد حاوی محیط کشت زاروک، دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و هوادهی مناسب کشت داده شد.

### تهیه پساب و تیمارهای آزمایش

پساب گاوداری مورد استفاده در این تحقیق از ایستگاه دامی دانشگاه تهران و آخرین خروجی پساب دامداری تهیه شد. پساب پس از انتقال به آزمایشگاه، به‌منظور صاف شدن و جدا شدن مواد اضافی، از کاغذ صافی در دو مرحله عبور داده شد تا یک پساب صاف‌شده تهیه شد. به‌منظور جلوگیری از تداخل سایر میکروارگانیسم‌های موجود در پساب و حذف هر گونه آلودگی میکروبی، پساب صاف‌شده با استفاده از دستگاه اتوکلاو با فشار ۱/۵ بار به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد استریل گردید. سپس به‌منظور بررسی میزان توانایی ریزجلبک اسپیرولینا در حذف آلاینده‌ها و نیز به‌منظور بررسی میزان رشد ریزجلبک بر روی آن، ریزجلبک اسپیرولینا در محیط کشت ترکیبی کشت داده شد. محیط‌های کشت ترکیبی شامل ۵ تیمار و هر تیمار شامل ۳ تکرار بود (جدول ۱). به هر کدام از تیمارها و تکرارهای مربوطه به میزان ۱۵۰ سی‌سی استوک خالص ریزجلبک اسپیرولینا تلقیح گردید. نمونه‌برداری از هر تیمار در فواصل زمانی هر ۴۸ ساعت یکبار به مدت ۳۰ روز انجام شد.

جدول ۱. نسبت‌های مختلف محیط کشت و پساب برای کشت ریزجلبک اسپیرولینا

تیمار	مقدار پساب (درصد)	مقدار محیط کشت زاروک (درصد)
T1	۰	۱۰۰
T2	۲۵	۷۵
T3	۵۰	۵۰
T4	۵	۲۵
T5	۱۰۰	۰

## آنالیز ترکیبات ریز جلبک

برای اندازه‌گیری وزن خشک زیست‌توده، جداسازی زیست‌توده جلبکی با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه انجام شد. زیست‌توده و مایع رویی حاصله از هر کدام از نمونه‌ها به‌طور جداگانه و در ظروف مجزا قرار گرفته و برای سنجش‌های بعدی جداسازی گردید. زیست‌توده تفکیک‌شده از مایع رویی، از کاغذ صافی عبور داده شد تا آب آن گرفته شد و زیست‌توده تر همراه با کاغذ صافی دربرگیرنده آن در کاغذ آلومینیومی پیچانده شده و سپس در آون به مدت ۶ ساعت با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از اطمینان از خشک شدن کامل زیست‌توده و کاغذ دربرگیرنده آن، وزن‌کشی زیست‌توده خشک با استفاده از ترازوی دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) صورت گرفته و در نهایت وزن زیست‌توده خشک هر کدام از تیمارها و تکرارهای آن‌ها با استفاده از معادله (۱) به دست آمد. در این معادله  $W_1$  وزن اولیه کاغذ صافی برحسب گرم،  $W_2$  وزن ثانویه کاغذ صافی حاوی ریز جلبک برحسب گرم و  $V$  حجم نمونه برداشت شده برحسب میلی‌لیتر است [۱۹].

$$\text{معادله (۱)} \quad (g \cdot L^{-1}) = (W_2 - W_1) / V$$

وزن خشک ریز جلبک

برای اندازه‌گیری میزان رنگدانه فیکوسیانین، مقدار ۰/۱ گرم از زیست‌توده خشک شده با ۳ میلی‌لیتر از بافر سدیم فسفات ترکیب شد و به مدت یک ساعت توسط همزن مخلوط گردید. نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۴۲۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شدند، سپس مقدار ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی هر نمونه توسط سمپلر در چاهک‌های پلیت ریخته شد و میزان جذب آن در طول موج‌های ۶۱۵ و ۶۵۲ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. محتوای رنگدانه فیکوسیانین با استفاده از معادله (۲) بر حسب میکروگرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد. در این معادله،  $OD_{620}$  چگالی نوری نمونه در طول موج ۶۲۰ نانومتر و  $OD_{650}$  چگالی نوری نمونه در طول موج ۶۵۰ نانومتر است.

$$\text{معادله (۲)} \quad (\mu g \cdot mL^{-1}) = (OD_{620} - 0.70OD_{650}) / 7.38$$

محتوای فیکوسیانین

برای اندازه‌گیری نیترات، به هر ۱۰ میلی‌لیتر مایع رویی استخراج‌شده از هر نمونه، مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول اسیدسولفوریک غلیظ، به همراه ۲ میلی‌لیتر محلول اشباع کلرید سدیم افزوده شد و به این ترکیب، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول اسید بروسین سولفانلیک افزوده شد. نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری قرار گرفت، سپس در دمای اتاق خنک شدند و میزان جذب هر نمونه در طول موج ۴۱۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد [۲۰].

برای اندازه‌گیری فسفات، ابتدا مقدار ۱۰ گرم مولیدات آمونیوم در ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و مقدار ۱۱۲ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ به ۱۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد. به محلول به‌دست‌آمده فرصت داده شد تا ترکیب حاصل سرد شود و سپس محلول مولیدات آمونیوم به محلول فوق اضافه شد و حجم ترکیب حاصل به ۴۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. همچنین مقدار ۱ گرم کلرید قلع به ۴۰ میلی‌لیتر کلسرول افزوده شد. در مرحله بعد مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از هر نمونه به میزان ۰/۴ میلی‌لیتر محلول مولیدات آمونیوم افزوده شد و نمونه تکان داده شد. سپس مقدار ۰/۰۵ میلی‌لیتر از کلرید قلع به هر نمونه افزوده شد و نمونه مجدد به‌خوبی تکان داده شد و در نهایت میزان جذب هر نمونه در طول موج ۶۹۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد [۲۰].

## آنالیز آماری

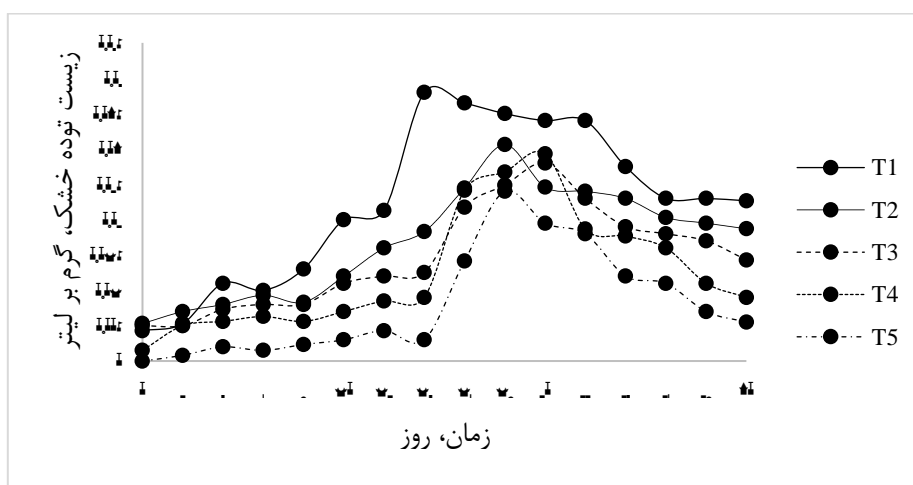
در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS 16 و به منظور رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد برای مقایسه میانگین متغیرهای مورد بررسی در بین تیمارها و بررسی وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین تیمارها استفاده گردید.

## نتایج

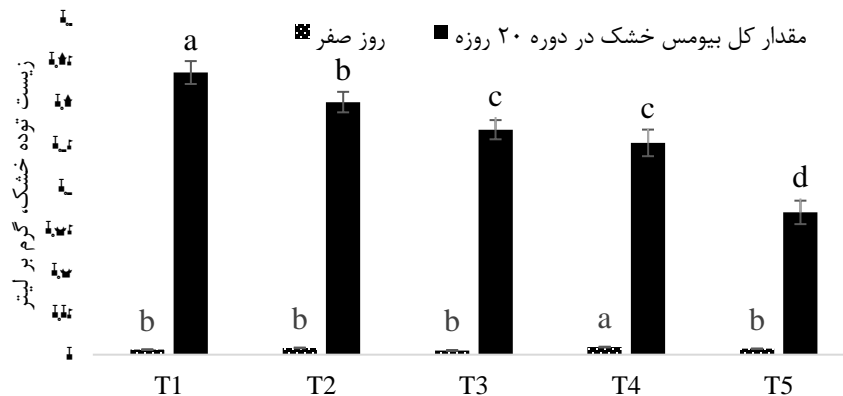
## تولید زیست توده خشک ریز جلبک اسپیرولینا بر روی پساب گاوداری

شکل ۱ نمودار مقدار زیست توده خشک ریز جلبک اسپیرولینا در دوره ۳۰ روزه را نشان می‌دهد. بررسی امکان تولید و میزان تولید زیست توده ریز جلبک اسپیرولینا بر روی پساب گاوداری نشان داد که کشت ریز جلبک اسپیرولینا بر روی پساب امکان پذیر بوده و حتی شاید بتوان به تولید در مقادیر بالای ریز جلبک بر روی پساب امیدوار بود. تمامی تیمارهای ۵ گانه از توانایی و پتانسیل نسبتاً بالایی در تولید زیست توده ریز جلبک برخوردار بودند و تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب با  $۶۷/۸۸$ ،  $۵۷/۵۳$ ،  $۵۳/۳۷$  و  $۳۷$  درصد کارایی به نسبت تیمار  $T_1$  دارای توانایی و کارایی نسبتاً بالایی برای تولید زیست توده ریز جلبک بودند.

بیشترین میزان تولید و رشد زیست توده برای تیمارهای مختلف  $T_1$  تا  $T_5$  در روزهای چهاردهم تا بیست و چهارم کشت ریز جلبک بر روی محیط کشت ترکیبی زاروک - پساب به دست آمد و کمترین میزان تولید هم مربوط به روز نخست سنجش و کشت ریز جلبک بر روی محیط ترکیبی زاروک - پساب بود. تیمارهای  $T_1$  تا  $T_5$  به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان تولید زیست توده خشک ریز جلبک در طول دوره کشت بودند و میزان تولید زیست توده خشک به ترتیب به صورت  $T_4 > T_5 > T_3 > T_2 > T_1$  بود. شکل ۲ نمودار مقدار کل زیست توده خشک در تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز را نشان می‌دهد. مقدار زیست توده خشک در تیمارهای  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب  $۰/۳۰$ ،  $۰/۲۷$ ،  $۰/۲۵$  و  $۰/۱۷$  گرم بر لیتر به دست آمد.



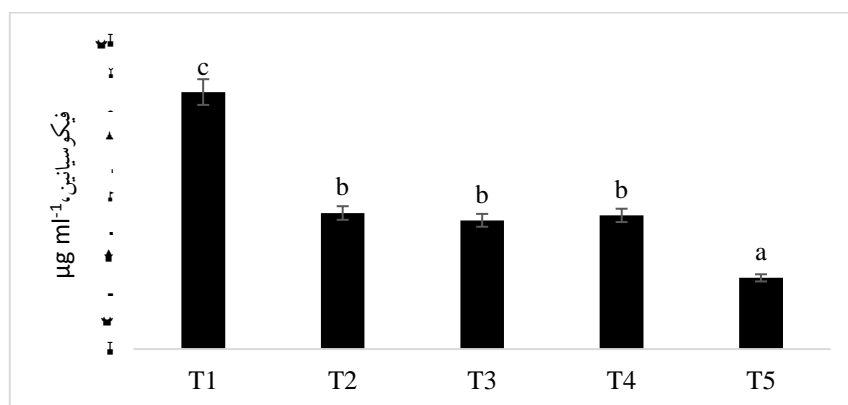
شکل ۱. نمودار زیست توده خشک ریز جلبک اسپیرولینا در تیمارهای مختلف



شکل ۲. نمودار مقدار کل زیست توده خشک در تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز

### سنجش میزان تولید رنگدانه فیکوسیانین در ریز جلبک اسپیرولینا

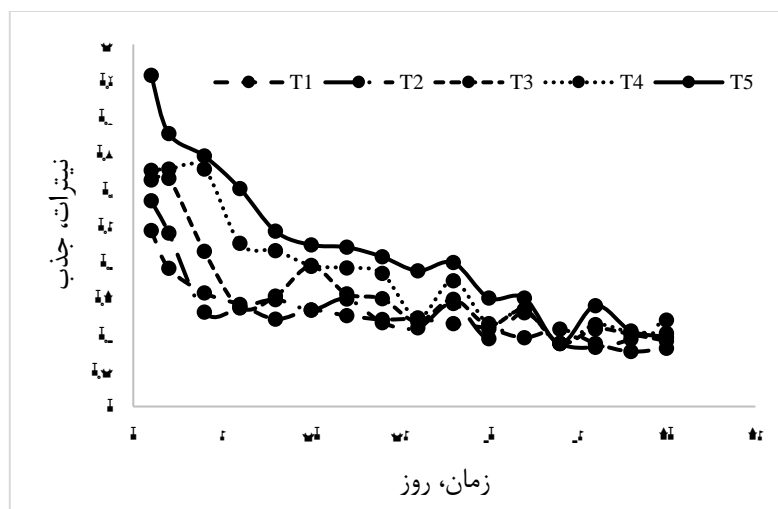
شکل ۳ نمودار محتوای فیکوسیانین ریز جلبک اسپیرولینا بعد از ۲۰ روز را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از سنجش میزان تولید رنگدانه فیکوسیانین در طول دوره ۲۰ روزه کشت ریز جلبک بر روی محیط ترکیبی زاروک - پساب نشان داد که امکان تولید رنگدانه فیکوسیانین در ریز جلبک اسپیرولینا در تمامی تیمارهای پنجگانه وجود دارد. تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  هر کدام به ترتیب با ۵۲/۹۴، ۴۹/۴۱، ۵۰/۵۸ و ۲۵/۸۸ درصد کارایی به نسب تیمار  $T_1$ ، دارای بالاترین تا پایین ترین کارایی و توانایی در تولید رنگدانه فیکوسیانین در ریز جلبک اسپیرولینا بودند.



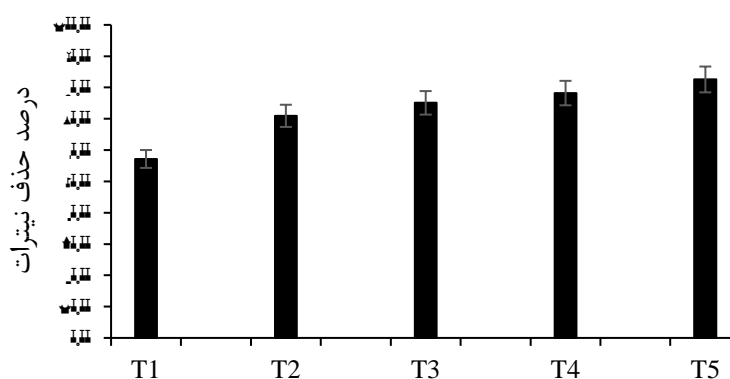
شکل ۳. محتوای فیکوسیانین ریز جلبک اسپیرولینا بعد از ۲۰ روز در تیمارهای مختلف

### میزان حذف نیترات از پساب گاوداری توسط ریز جلبک اسپیرولینا

به طور کلی تمامی تیمارهای پنجگانه قادر به حذف نیترات از پساب بوده و مشخص گردید تیمارهای  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب با ۸۲/۵۷، ۷۸/۲۱، ۷۵/۱۰، ۷۰/۹۴ و ۵۷/۱۷ درصد، موفق به حذف نیترات از پساب شدند. شکل ۴ نمودار مقایسه میزان نیترات موجود در پساب تیمارهای مختلف در طول زمان و شکل ۵ نمودار مقایسه درصد حذف نیترات موجود در پساب تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز را نشان می‌دهد. مشخص گردید کارایی تیمار  $T_4$  برابر ۹۴/۷ درصد، کارایی تیمار  $T_3$  برابر ۹۰/۹۵ درصد، کارایی تیمار  $T_2$  برابر ۸۵/۹۱ درصد و در نهایت کارایی تیمار  $T_1$  برابر ۶۹/۲۳ درصد به نسبت تیمار  $T_5$  بود.



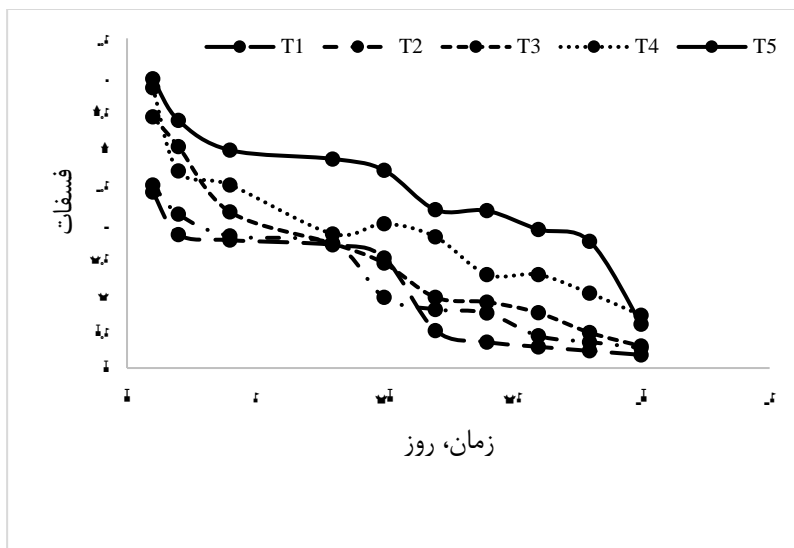
شکل ۴. مقایسه میزان نیترات موجود در پساب تیمارهای مختلف در طول زمان



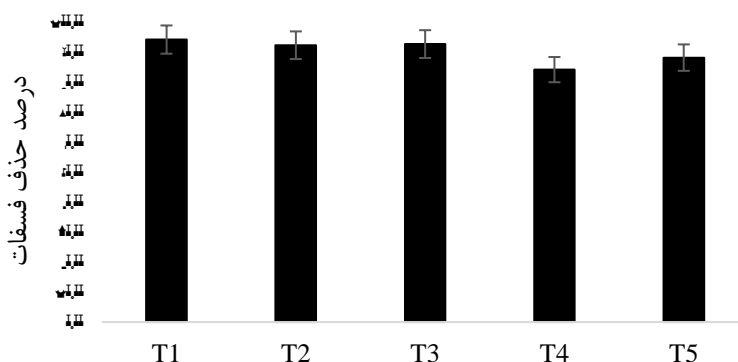
شکل ۵. مقایسه درصد حذف نیترات موجود در پساب تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز

### میزان حذف فسفات از پساب گاوداری توسط ریزجلبک اسپیرولینا

شکل ۶ نمودار مقایسه میزان فسفات موجود در پساب تیمارهای مختلف در طول زمان را نشان می‌دهد. تمامی تیمارها قادر به حذف فسفات از پساب بودند و بیشترین تا کمترین میزان حذف فسفات از پساب گاوداری به ترتیب به صورت  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5$  بود. تیمارهای  $T_1$ ،  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب توانستند ۹۴/۰۰، ۹۲/۱۱، ۸۴/۰۰، ۸۸/۰۰ درصد فسفات را از پساب گاوداری حذف نمایند. شکل ۷ نمودار مقایسه درصد حذف فسفات موجود در پساب تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز را نشان می‌دهد. کارایی تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$ ،  $T_5$  به ترتیب ۹۸/۰۰، ۹۸/۴۰، ۸۹/۳۶ و ۹۳/۶۲ درصد به نسبت تیمار  $T_1$  بود. نتایج کلی نشان داد که تمامی تیمارهای پنج‌گانه کارایی بالایی در حذف فسفات از پساب دارند.



شکل ۶. مقایسه میزان فسفات موجود در پساب تیمارهای مختلف در طول زمان



شکل ۷. مقایسه درصد حذف فسفات موجود در پساب تیمارهای مختلف بعد از ۲۰ روز

## بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر بیشترین وزن خشک سلولی مربوط به تیمار شاهد ( $T_1$ ) با صد درصد محیط کشت استاندارد و بدون هیچگونه پساب) بود و این تیمار از نظر وزن خشک و تعداد سلول تفاوت قابل ملاحظه‌ای با تیمارهای دیگر داشت و رشد نسبتاً بالاتری در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد. البته بررسی امکان تولید و میزان تولید زیست توده ریزجلبک اسپیرولینا بروی پساب گاوداری و تیمارهای مختلف حاصل از ترکیب پساب با محیط کشت زاروک نشان داد که مقدار زیست توده خشک در تیمارهای  $T_2$ ،  $T_3$ ،  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب ۹۱، ۸۲، ۷۶ و ۵۲ درصد  $T_1$  بود. بنابراین تمامی تیمارهای ۵ گانه از توانایی و پتانسیل بالایی در تولید زیست توده ریزجلبک اسپیرولینا برخوردار بوده و می‌توان به تولید در مقادیر بالای ریزجلبک بروی پساب امیدوار بود.

در تحقیقی که به منظور تصفیه پساب صنایع لبنی با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا صورت گرفت<sup>[۱۵]</sup>، حداکثر میزان زیست توده تولیدی مربوط به رقت ۲۵ درصد (غلظت ۷۵ درصد پساب) بود، ولی در مطالعه حاضر حداکثر مقدار زیست توده مربوط به تیمار  $T_1$  و  $T_2$  با غلظت صفر و ۲۵ درصد پساب بود. این اختلاف را می‌توان به اختلاف در نوع پساب نسبت داد. در تحقیقی که بر روی حذف نیتروژن از پساب واحد آمونیاک‌سازی



با استفاده از دو ریز جلبک اسپیرولینا و کلرلا ولگاریس صورت گرفت، تأثیر میزان رقیق سازی پساب و میزان ریز مغذی ها در واحد حجم پساب بر مقدار زیست توده تولیدی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که اسپیرولینا نسبت به کلرلا ولگاریس به میزان بیشتری توانمند است که در غلظت بالا از نیتروژن رشد کند، همچنین بیشینه زیست توده تولیدی در ۱ درصد رقیق سازی برای کلرلا ولگاریس و ۳ درصد رقیق سازی برای اسپیرولینا به دست آمد. کلرلا ولگاریس توانست تا ۵۵ درصد از نیتروژن را از پساب حذف نماید درحالیکه مقدار حذف نیتروژن برای ریز جلبک اسپیرولینا ۹۶ درصد بود<sup>[۲۱]</sup>. بالاترین میزان رشد کلرلا ولگاریس و تولید زیست توده در مطالعه حاضر در روز چهاردهم کشت و برای رقیق سازی ۱ درصد اتفاق افتاد. برای اسپیرولینا بالاترین میزان رشد و مقدار زیست توده در رقت ۳، ۵ و در نهایت رقت ۱ درصد در روز چهاردهم کشت، اتفاق افتاد. یعنی اسپیرولینا در یک بازه زمانی طولانی تر (روز چهاردهم کشت) در رقت های بالاتر (غلظت کم تر پساب) توانست نسبت به کلرلا ولگاریس و نیز نسبت به بازه زمانی ۶ روزه کشت، میزان بیشتری زیست توده تولید کند. در مجموع مطالعه گذشته نشان داد که در رقت های پایین تر (غلظت های بالای پساب) در یک بازه زمانی کوتاه (۱ تا ۶ روز) رشد اسپیرولینا و کلرلا بسیار بالا بود و در بازه زمانی طولانی تر چهارده روزه، خصوصاً در مورد اسپیرولینا رقت بالاتر باعث رشد بیشتر و مقدار زیست توده بیشتر و زیست توده تولیدی بالاتری برای ریز جلبک گردید<sup>[۲۱]</sup>. در تحقیق حاضر نیز در یک بازه زمانی ۳۰ روزه کشت، بیشترین میزان زیست توده تولیدی ریز جلبک اسپیرولینا مربوط به تیمار  $T_1$  تیمار بدون پساب و پس از آن تیمار  $T_2$  با ۲۵ درصد پساب و ۷۵ درصد محیط کشت استاندارد بود و با افزایش غلظت و کاهش میزان رقت پساب، میزان زیست توده تولیدی بر روی پساب کاهش یافت.

در مطالعه دیگر که بر روی ریز جلبک اسپیرولینا با استفاده از پساب تصفیه شده خوک در رقت های ۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد انجام گرفت نتایج نشان داد که مناسب ترین رقت برای  $NaNO_3$  و  $NaHNO_3$ ، رقت ۱۰ درصد پساب گزارش شد<sup>[۱۶]</sup>. در همین مطالعه عنوان گردید که بالاترین و بیشترین میزان زیست پالایی و تصفیه پساب هم بعد از ۱۲ روز اتفاق افتاد و میزان حذف  $NO_3$  (نترات) در این مطالعه ۴۹ درصد بود و برای فسفات بالاترین میزان حذف حدود ۹۲ درصد به دست آمد. رشد ریز جلبک اسپیرولینا در غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیتروژن آمونیاکی در حد ماکزیمم و بالاترین بود ولی زمانی که این میزان نیتروژن آمونیاکی به ۵۰ میلی گرم در لیتر افزایش پیدا کرد و غلظت بالا رفت رشد اسپیرولینا کاهش پیدا کرد و وقتی این غلظت به ۹۰ میلی گرم بر لیتر رسید جلبک از بین رفت<sup>[۱۶]</sup>. وقوع این نتیجه را می توان چنین توجیه نمود که از یک میزان کم ریز مغذی (رقت های بالا) تا یک حد مشخص و معین از غلظت ریز مغذی ها در پساب (رقت های پایین تر) به تدریج با افزایش غلظت ریز مغذی ها، میزان رشد زیست توده به دلیل برخورداری بیشتر از منابع غذایی و ریز مغذی ها بالاتر می رود ولی از یک میزان و مقدار بالاتر ریز مغذی (مثلاً در تحقیق یاد شده بالاتر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیتروژن آمونیاکی)، افزایش غلظت ریز مغذی ها نه تنها تأثیری در افزایش رشد زیست توده و تولید زیست توده جلبکی نداشته، بلکه باعث کاهش رشد و در غلظت های بالاتر ۹۰ میلی گرم در لیتر (نیتروژن آمونیاکی) باعث مرگ ریز جلبک به دلیل ایجاد سمیت در غلظت های بالا شده است و اثر معکوس در رشد زیست توده و تولید زیست توده جلبکی داشته است.

فایکوبیلی پروتئین ها رنگدانه های جانبی هستند که محل ذخیره پروتئین، اسیدهای آمینه سیانو باکتری ها، ردوفیت و برخی از گونه های کریپتوفیت ها محسوب می شوند و در فرآیند انتقالی انرژی بسیار تأثیر گذارند. این پروتئین ها مسئولیت دریافت بیش از ۵۰ درصد نور دریافتی را در سیانو باکتری ها و جلبک های قرمز عهده دار هستند. این پروتئین ها در ساختار پیچیده ای بنام فایکوبیلوزوم ها<sup>۱</sup> که به سطح بیرونی غشای تیلاکوئید متصل هستند جمع می شوند، زیرا کلروفیل قادر به جذب نور فقط در ناحیه دریافت نور است. این انرژی به مراکز داخلی جهت انجام عمل فتوسنتز انتقال داده می شود و در نتیجه عمل فتوسنتز رخ می دهد. سه گروه اصلی فایکوبیلی پروتئین ها عبارتند از فایکوسیانین ها،

<sup>1</sup> Phycobilisome

آلوفایکوسیسانین ها و فایکوارتیرین ها. از آنجا که فایکو بیلی پروتئین ها محدود به سیانو باکتری ها و چند کلاس جلبک های یوکا ریوتی هستند می توان از آنها برای تشخیص این گونه ها استفاده کرد.

در ارتباط با رنگدانه فیکوسیسانین می توان آن را از سیانو باکتری هایی مانند اسپیرولینا استخراج کرد که دارای کاربرد تجاری در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی آرایشی - بهداشتی است که به عنوان یک رنگدانه آبی مورد استفاده قرار می گیرد [۲۲]. فایکوسیسانین نقش ضد اکسیدانی در برابر پراکسیداسیون چربی های کبدی و همچنین کمک به محافظت از کبد ایفا می کند. در مطالعه حاضر هم بیشترین مقدار تولید فیکوسیسانین مربوط به محیط کشت استاندارد (تیمار  $T_1$ ) و کمترین میزان تولید رنگدانه فیکوسیسانین مربوط به تیمار  $T_5$  دارای محیط کشت صد درصد پساب بدون محیط کشت استاندارد بود. می توان بالا بودن میزان تولید فیکوسیسانین در  $T_1$  نسبت به  $T_5$  را به بالاتر بودن تولید زیست توده در  $T_1$  به نسبت  $T_5$  نسبت داد. همچنین می توان استدلال کرد که هرچه محیط کشت شفاف تر و روشن تر باشد (کشت  $T_1$ ) به نسبت میزان نوررسانی به محیط کشت خصوصاً به مناطق تحتانی کشت بیشتر بوده و تولید رنگدانه فیکوسیسانین در ریزجلبک بیشتر شده و هرچه میزان کدورت و آلودگی در محیط کشت بیشتر باشد (محیط کشت  $T_5$  با صد درصد پساب بدون زاروک) این کدورت و آلودگی مانعی در رسیدن نور به قدر کافی به ریزجلبک بوده و رشد و تولید رنگیزه در ریزجلبک دچار اختلال گردیده است.

کارایی حذف مواد مغذی (یا آلاینده) از پساب توسط ریزجلبک ها بسته به ترکیب محیط کشت ریزجلبک و شرایط محیطی حاکم بر محیط کشت از قبیل غلظت اولیه مواد مغذی، شدت نور، نسبت نیتروژن به فسفر، دوره نوری (روشنایی - تاریکی) و گونه های ریزجلبک متفاوت است. در تحقیقی که به منظور تصفیه پساب صنایع لبنی با استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا صورت گرفت، بالاترین درصد حذف فسفات، نیترات و آمونیاک مربوط به رقت ۲۵ درصد بود [۱۵]. در این مطالعه عنوان گردید که با کاهش درصد رقیق سازی پساب صنایع لبنی و افزایش ریز مغذی های در دسترس جلبک، مواد بیشتری از مواد مغذی حذف شد و میزان حذف ریز مغذی ها از پساب ارتباط مستقیمی با میزان این ریز مغذی ها در پساب داشت. بالاترین مقدار حذف نیترات (۹۹/۸۵ درصد) و فسفات (۹۹/۸۳ درصد) در رقت ۲۵ درصد به دست آمد. در مطالعه حاضر هم میزان جذب نیترات از پساب با افزایش غلظت ریز مغذی ها در پساب، در تیمار  $T_5$  به حدود ۸۲/۵۷ درصد رسید که ماکزیمم جذب نیترات از پساب گاوداری در دوره ۲۰ روزه کشت ریزجلبک بر روی پساب بود. در مطالعه پیشین گزارش شد که جلبک زمانی که نیترات را مورد استفاده قرار می دهد میزان آمونیاک در محیط کاهش یافته و برخی از آنزیم ها از قبیل نیترات ردوکتاز در جلبک احتیاج به زمان دارند تا ساخته شوند تا ریزجلبک بتواند از نیترات استفاده کند. سرعت ساخت این چنین آنزیم هایی (نیترات ردوکتاز) در تیمارهای غلیظ تر پساب به نسبت تیمارهای رقیق تر بیشتر بود [۱۶]. به طور کلی هم حذف آمونیاک و هم حذف نیترات در مطالعات قبلی در غلظت های بالای پساب و رقت های پایین تری به دست آمد [۱۵، ۱۶].

کاهش مقدار نیترات در پساب تا حدود زیادی می تواند به جذب این عنصر و ریزمغذی های دیگر پساب، توسط ریزجلبک به هدف تغذیه و رشد و افزایش مقدار تولید زیست توده، توجیه شود ولی به مرور زمان با افزایش میزان زیست توده به خصوص در مناطق فوقانی محیط کشت به دلیل عدم نور رسانی به قسمت های تحتانی تر محیط کشت، به تدریج حجم زیست توده در مناطق تحتانی کاهش یافته و به نسبت کاهش میزان زیست توده جلبکی در این مناطق، به تدریج میزان جذب نیترات و ریز مغذی های دیگر در این مناطق کاهش می یابد. از طرف دیگر افزایش بیش از حد زیست توده در مناطق فوقانی احتمالاً می تواند موجب کاهش تبادلات گازی در مناطق فوقانی محیط کشت گردد که این امر هم خود می تواند باعث کاهش میزان رشد زیست توده در مناطق تحتانی محیط کشت گردد که در نهایت این کاهش میزان زیست توده بر میزان جذب ریز مغذی ها اثر منفی می گذارد و باعث کاهش میزان جذب این عناصر می شود.

در تحقیق دیگری در مورد حذف فسفات از پساب خروجی پساب شهری توسط ریزجلبک اسپیرولینا، درصد حذف فسفات به ترتیب ۲۰/۱۳، ۲۰/۰۱، ۱۰/۴۴، ۴۲/۷۹ برای روزهای ۱ الی ۴، ۴ الی ۶، ۶ الی ۸ و ۱ الی ۸ بود [۱۳]. در تحقیق حاضر درصد حذف فسفات از پساب گاوداری توسط ریزجلبک اسپیرولینا در بازه زمانی ۶ الی ۸ روز حدود ۱۴/۸۵ درصد به دست آمد و برای بازه زمانی ۱ الی ۸ روز به میزان ۵۹/۲۹ درصد رسید. در

سال ۲۰۰۶ از ریزجلبک‌ها برای تصفیه پساب خوک ۲ درصد رقیق شده هوازی استفاده شد و درصد حذف فسفر و نیتروژن به ترتیب ۹۶ و ۸۷ درصد بود و تحت شرایط محیطی مناسب، ریزجلبک‌های کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا به ترتیب توانستند ۷۲/۲۱ و ۴۲/۷۹ درصد از فسفات را حذف نمایند<sup>[۲۳]</sup>. بر اساس یافته‌های دیگری که بر روی ریزجلبک کلرلا ولگاریس صورت گرفت مشخص شد که کلرلا ولگاریس در تیمارهای دارای مقادیر مختلف نیترات و فسفات به خوبی رشد کرده و نقش مؤثری در تصفیه پساب خانگی داشته است<sup>[۲۴]</sup>. بیشترین جذب فسفات در تیمار پساب با رقت ۷۵ درصد رخ داد و کمترین درصد جذب که ۶۲/۰۳ درصد بود در تیمار پساب با رقت ۲۵ درصد مشاهده شد. در واقع درصد حذف فسفات در تیمارهای رقیق تر بیشتر بود و کارایی حذف نیتروژن و فسفر در مطالعات مختلف متغیر و وابسته به ترکیبات محیط کشت، شرایط محیطی از قبیل غلظت اولیه مواد مغذی، شدت نور، نسبت نیتروژن به فسفر، سیکل تاریکی-روشنایی و گونه جلبکی می‌باشد.

در تحقیق پیش رو هم میزان حذف فسفر از پساب گاوداری در تیمارهای رقیق تر بیشتر بود و با افزایش غلظت پساب میزان حذف فسفات کمتر شد. دو تیمار  $T_1$  و  $T_2$  در تحقیق حاضر به ترتیب دارای بالاترین میزان حذف فسفات و تیمارهای  $T_4$  و  $T_5$  به ترتیب کمترین میزان حذف فسفات را از خود نشان دادند. در مطالعه دیگری در سال ۱۳۹۵ با تحقیق روی امکان سنجی تولید زیست توده و حذف فسفات و نیترات از پساب شهری به وسیله کشت ریزجلبک *Chlorell vulgaris* در پساب‌هایی با صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد رقت، کاهش رشد ریزجلبک از روز دهم به بعد اعلام شد<sup>[۲۵]</sup>. این ریزجلبک توانست به خوبی در تیمارهای مختلف پساب رشد کرده و ۱۰۰ درصد فسفات و همچنین ۹۹/۳۷ درصد نیترات را از پساب با رقت ۵۰ درصد حذف نماید. در مطالعه دیگر با تحقیق روی حذف فسفات و نیترات از پساب شهری به وسیله کشت ریزجلبک *S. obliquus* و تولید زیست توده جلبکی در پساب‌هایی با صفر، پنجاه و صد درصد رقت نتیجه گرفته شد که این ریزجلبک هم به مانند کلرلا ولگاریس بر روی کلیه تیمارهای آزمایش شده از پساب رشد خوبی داشته است و توانست ۱۰۰ درصد فسفات و ۱۰۰ درصد نیترات در تمام تیمارها را حذف نماید<sup>[۲۶]</sup>. در مطالعه دیگری بر روی تولید زیست توده و حذف آمونیاک و نیترات از پساب کارگاه پرورش ماهی توسط کشت ریزجلبک *S. quadricauda* با تیمارهای مختلف پساب رقیق شده، پساب خام، پساب غلیظ شده با محیط کشت BBM و بازه زمانی ۲۱ روزه، به این نتیجه رسیدند که تعداد سلول ریزجلبک از روز چهاردهم به بعد رو به کاهش گذاشت<sup>[۲۷]</sup>. در مطالعه حاضر هم رشد ریزجلبک اسپیرولینا از روز چهاردهم به بعد دچار کاهش شد و مشابه نتایج تحقیق حاضر، حذف نیترات در نمونه‌های تیمار شده بیشتر بود. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود کاهش رشد جلبک و تولید زیست توده در پساب در مقایسه با محیط کشت استاندارد، میزان رشد جلبک و تولید زیست توده در تیمارهای حاوی پساب، بیشتر از ۵۰ درصد زیست توده در محیط کشت استاندارد بوده و پساب گاوداری حتی در غلظت‌های بالا قابلیت کشت ریزجلبک اسپیرولینا را دارد. ریزجلبک اسپیرولینا در حذف آلاینده‌های نیترات و فسفات از پساب گاوداری بدون رقیق سازی ( $T_5$ ) نیز به ترتیب کارایی بالایی ۸۲ و ۸۸ درصد را نشان داد که نشان دهنده پتانسیل بالای این ریزجلبک در تصفیه پساب‌های دامی می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از مجموعه مدیریتی آزمایشگاه‌های دانشکده‌های کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام مطالعه حاضر قدردانی می‌نمایند.

### تعارض منافع

مطالعه حاضر فاقد تعارض منافع می‌باشد.

### منابع مالی

مطالعه حاضر با استفاده از اعتبار پژوهشی نویسندگان انجام شده است.

- [1] Hsien C, Low J.S.C, Chung S.Y, Tan D.Z.L, Quality-based water and wastewater classification for waste-to-resource matching. *Resource, Conservation and Recycling*. (2019) 151: 104477.
- [2] Nardin F, Mazzeto F, Mapping of Biomass Fluxes: A method for optimizing Biogas Refinery of livestock Effluents. *Sustainability*. (2014) 6(9): 5920-5940.
- [3] Jafarsalehi M, Dianati Tilaki R, Esfandyari Y. Phosphorus Removal from Treated Wastewater and Biomass Production by Microalgae *Spirulina* in Photo Bioreactor. *Tarbiat Modares Biotechnology*. (2019) 10(2): 335-342. (In Persian).
- [4] Lozano-Garcia D.F, Cuellar-Bermudez S.P, del Rio- Hinojosa E, Betancourt F, Aleman-Nava G.S, Parra-Saldivar R, Potential land microalgae cultivation in Mexico: from food production to biofuels. *Algal Research*. (2019) 39: 101459.
- [5] Agüera A, Plaza-Bolaños P, Fernández F.G.A, Removal of contaminants of emerging concern by microalgae-based wastewater treatments and related analytical techniques. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. (2020) 503-525.
- [6] Li S, Chu R, Hu D, Yin Z, Mo F, Hu T, Liu C, Zhu L, Combined effects of 17 $\beta$ -estradiol and copper on growth, biochemical characteristics and pollutant removals of freshwater microalgae *Scenedesmus dimorphus*. *Science of the Total Environment*. (2020) 730: 138597.
- [7] Crini G, Lichtfouse E, Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. *Environmental Chemistry Letters*. (2019) 17(1): 145-155.
- [8] Pacheco D, Rocha A.C, Pereira L, Verdelhos T, Microalgae water bioremediation: trends and hot topics. *Applied Sciences*. (2020) 10(5): 1886.
- [9] Sutherland D.L, Ralph P.J, Microalgal bioremediation of emerging contaminants - opportunities and challenges. *Water Research*. (2019) 164: 114921.
- [10] Beuckels A, Smolders E, Muylaert K, Nitrogen availability influences phosphorus removal in microalgae-based wastewater treatment. *Water Research*. (2015) 77: 98-106.
- [11] Oliveira A.C, Barata A, Batista A.P, Gouveia L, *Scenedesmus obliquus* in poultry wastewater bioremediation. *Environmental Technology*. (2018) 40(28): 3735-3744.
- [12] Hawrot-Paw M, Koniuszy A, Galczynska M, Zajac G, Szyszlak J Production of microalgae biomass using aquaculture wastewater as growth medium. *Water*. (2019) 12(1): 106-117.
- [13] Ahmadvour N, Sayyadi M.H, Fallahi kapourchali M, Rezaie M.R. Removal of phosphate by microalgae from municipal wastewater effluents: Lab Experiment. *Tarbiat Modares Biotechnology*. (2015) 6(2): 49-54. (In Persian).
- [14] Kabir M, Hoseini S A, Ghorbani R, Kashiri H. Efficiency of Microalgae *Scenedesmus obliquus* in the removal of phosphate and nitrate from waste water of Gomishan shrimp nurture farms. *Journal of Aquatics Ecology*. (2018) 8(2):124-133. (In Persian).
- [15] Miramini H S, Hosseini S A, Ghorbani R, Noori F, Rezaei H. Wastewater treatment of dairy industry using *Spirulina platensis* microalgae. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. (2021) 30(3): 95-109. (In Persian).
- [16] Cheunbarn S, Peerapornisal Y, Cultivation of *Spirulina platensis* using Anaerobically Swine Wastewater Treatment Effluent. *International journal of Agriculture and Biology*. (2010) 12(4): 1560-853012.
- [17] Antikumari V.J, Cultivation of spirulina using biogas spent slurries as substrates. *Journal of Xian University of Architecture & technology*. (2020) 12(4): 1452-1458.
- [18] Bhuyar P, Trejo M, Dussadee N, Unpaprom Y, Ramaraj R, Whangchai K, Micro algae cultivation in waste water Effluent from tilapia culture pond for enhanced bioethanol production. *Water Science and Technology*. (2021) 84(10): 2686-2694.
- [19] Chen F, Zhang Y, Guo S, Growth and phycocyanin formation of *Spirulina platensis* in photoheterotrophic culture. *Biotechnology Letters*. (1996) 18: 603-608.
- [20] APHA. AWWA WPCF, 1971. Standard methods for the examination of Water and Wastewater, 14th Edition.
- [21] Safari J, Abolghasemi H, Esmaili M, Delavari Amrei H, Pourjamshidian R, Effect of Dilution on Nitrogen Removal from Ammonia Plant Effluent using *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*. *Pollution*. (2021) 7(3): 681-691.
- [22] Moraes C, Sala L, Cerveira G.P, Kalil S.J, C-phycocyanin extraction from spirulina platensis wet biomass. *Brazilian journal of Chemical Engineering*. (2011) 28(1): 45-49.
- [23] Aslan S, Kapdan I.K, Batchkinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae. *Ecological Engineering*. (2006) 28: 64-70.

- [24] Tam N.F.Y. Wong Y. S, Effect of immobilized bead concentrations on wastewater nutrient removal. *Environmental Pollution*. (2000) 107(1): 145-151.
- [25] Abolhasani M.H, Hoseini A, Ghorbani R, Vince O, Possibility of biomass production and removal of phosphates and nitrates from municipal wastewater cultivated by *Chlorella vulgaris*. *Journal of Aquaculture Development*. (2016) 10 (2): 1-8 (In Persian).
- [26] Abolhasani M.H, Hoseini A, Ghorbani R, Vince O, Phosphate and nitrate removal from municipal wastewater by algae *Scenedesmus obliquus* cultivation and production of algal biomass. *Journal of Aquatics Ecology*. (2016) 5(4): 33-39. (In Persian).
- [27] Heidari S, Farhadian O, Mahboobi Soofiani N, Biomass Production and Ammonia and Nitrite Removal from Fish Farm Effluent by *Scenedesmus Quadricauda* Culture. *Journal of Environmental Studies*. (2011) 37(59): 15-28. (In Persian).

## Investigating the possibility of cattle wastewater treatment using *Spirulina (Arthrospira platensis)* microalga

Jahangir Falamarzi<sup>1</sup>, Zahra Ghasemi<sup>2\*</sup>, Mohammad Ali Nematollahi<sup>3</sup>

1- Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan.

2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan.

3- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

### ABSTRACT

Wastewater treatment with microalgae and its reuse is an effective step toward reducing water consumption and preserving water resources. The possibility of growing spirulina microalga on cattle effluents and the possibility of purifying effluents using microalga were investigated. Different concentrations of standard culture medium (Zaruk)-wastewater were used to measure the optimal algal growth on wastewater and to determine the concentration of effluent-Zaruk for optimal algal growth. The treatments were T1 including 100% Zaruk and no wastewater, T2 including 75% Zaruk and 25% wastewater, T3 including 50% Zaruk and 50% wastewater, T4 including 25% Zaruk and 75% effluent and T5 including 100% effluent without Zaruk. Treatments that had more Zaruk, showed more optimal growth, and those that had a higher concentration of effluent often showed a relatively lower growth of algae biomass. The results showed the high growth of algae on the concentrated effluent. T1 with 0.35 and T2 with 0.3 g/liter of dry biomass had the highest biomass of microalgae. T1, T2, T4, T3, and T5 had the highest to the lowest amount of phycocyanin pigment production in microalgae, respectively. The highest removal of nitrate belonged to T5 and T4 with 82.57% and 78.21% removal respectively, and the lowest nitrate removal belonged to T1 and T2 with 57.17% and 70.94%, respectively. The highest removal of phosphate belonged to T1 and T2 with 94% and 92.11% removal, respectively. The lowest removal of phosphate belonged to T4 with 84% removal. Findings indicated the high potential of microalga for treating cattle wastewater.

**KEYWORDS:** Algal biomass, Cattle effluents, Pigment production, Nitrate removal.

### ARTICLE TYPE

Original Research

### ARTICLE HISTORY

Received: 08 Apr 2024

Accepted: 4 June 2024

ePublished: 9 June  
2024

\* Corresponding Author:

Email address: z.ghasemi@hormozgan.ac.ir

Tel: 0761-

© Published by Tarbiat Modares University

ISSN: 2322-5513