بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زیست شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زیست شناسی گرایش فیزیولوژی گیاهی

تأثیر پساب های شهری و کشتارگاه بر روی رشد ریزجلبک های *کلرلا ولگاریس* و *اسپیرولینا پلاتنسیس*

استادان راهنما:
دکتر عباس المدرس
دکتر سعید افشارزاده

پژوهشگر:
زینت چنگانی

بهمن ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

نه مرادم نه مریدم،

نه پیامم نه کلامم،

نه سلامم نه علیکم،

نه جهنم، نه بهشتم

چنین است سرشتم

آدمی را آن به که بجوید تا دریابد کوچکی اش را و آنگاه بر آستان جهان بایستد و دریابد ساحت وجودی عظیم خداوندگاری را که در نیافتش هیچ کناره نیست، پس خداوندگارا بپذیر ما را، تلاش خرد و کوچک ما را، و رهنمای ما باش بر آستان درگهت تا جز تو بر هیچ چیز دیگر به بزرگی در نگنریم.

در این مجال شایسته است از زحمات بی دریغ و راهنمایی های حکیمانه ی اساتید فرهیخته و بزرگوارم

آقایان **دکتر عباس المدرس** و **دکتر سعید افشارزاده** تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین افتخار می کنم که دوره کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه اصفهان و تحت نظر اساتید ارجمندی همچون دکتر مستاجران، دکتر احسانپور، دکتر شریعتی، دکتر قادریان، دکتر رحیمی نژاد و دکتر سعیدی سپری نمودم و بر خود لازم می دانم از زحمات بی دریغ این عزیزان تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از همکاری صمیمانه ی؛

آقای مهندس جابری، خانم صهبایی و نیز از کارکنان شرکت آب و فاضلاب و کشتارگاه اصفهان که مرا در این پایان نامه یاری رسانده اند، کمال تشکر را دارم.

و از تمامی دوستان عزیزم؛

خانم ها سلگی، منتظری، شمس، نیلفروشان، قربانی، ناهیدیان، قاسمی و... و همچنین آقای حسینی نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم به

پدر و مادر

مهربانم

چکیده

فعالیت‌های انسانی تأثیر زیادی بر روی چرخه‌های بیوشیمیایی در سراسر جهان دارد. کشاورزی، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و سایر تغییراتی که انسان به واسطه پیشرفت بر محیط زیست تحمیل می‌کند، ورود آب‌های غنی از مواد آلی و معدنی به خصوص ازت و فسفر را به چرخه‌های بیوشیمیایی افزایش می‌دهد. در مقایسه با پروسه‌های سنتی تصفیه فاضلاب که با تولید لجن، مواد کربنی آلی را به دی اکسید کربن تجزیه می کنند، گونه‌های جلبکی قادرند به صورت مؤثری در انواع پساب‌ها، به واسطه‌ی توانایی مصرف مقادیر فراوانی از کربن آلی، نیتروژن و فسفر معدنی موجود در پساب رشد کنند و در طی فتوسنتز همراه با مصرف دی اکسید کربن این ترکیبات را به ساختارهای سلولی مانند لیپیدها یا کربوهیدرات تبدیل نمایند. در این پژوهش رشد ریزجلبک‌های *Chlorella vulgaris* و*Spirulina platensis* در دو پساب شهری و صنعتی (کشتارگاه)، در دو حالت پساب پیش تیمار شده (پسابی که در ابتدا با کمک سانتریفیوژ و کاغذ های فیلتر تیمار و سپس اتوکلاو شد) و پساب پیش تیمار نشده (خام) نسبت به رشد در محیط کشت BG11 (شاهد) مورد مقایسه قرار گرفت. در راستای بررسی روند رشد، پارامترهای مختلف رشد از جمله شمارش سلولی، وزن خشک و محتوی کلروفیل a در هر دو ریزجلبک اندازه گیری شد. بررسی پارامترهای مختلف رشد در ریزجلبک *C.vulgaris*، همگی روند تقریباً مشابهی نشان دادند و حاکی از رشد مشابه این ریزجلبک در کلیه تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد بودند. بیشترین وزن خشک متعلق به پساب شهری پیش تیمارشده می باشد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد ندارند. آنالیز تعداد سلول‌های شمارش شده نیز حاکی از آن بود که تعداد سلول در تیمارهای شاهد و پساب‌های پیش تیمارشده تفاوت چندانی ندارند، با این وجود بیشترین تعداد سلول متعلق به پساب پیش تیمارشده است. در مورد *S.platensis* مشاهده شد که رشد در تیمار شاهد بالاتر از سایر تیمارها است. با این حال از نظر وزن خشک سلولی و تعداد سلول با پساب پیش تیمارشده تفاوت ناچیزی دارد. تأثیر تیمارهای مختلف نیز بر ترکیبات سلولی دو ریزجلبک شامل محتوی لیپیدی و پروتئین کل نیز ارزیابی شد. تیمار شاهد در هر دو ریزجلبک بیشترین محتوی لیپیدی را نشان داد. با این وجود میزان چربی موجود در ریزجلبک‌های رشد یافته در تیمارهای خام شهری نزدیک به تیمار شاهد است. در مقابل محتوی پروتئینی ریزجلبک‌ها در تیمارهایی که میزان نیتروژن بالاتری دارند بیشتر بود. به طوری که در هر دو ریزجلبک مشاهده می‌شود در پساب پیش تیمار شده کشتارگاه سلول‌ها بیشترین درصد تجمع پروتئین را دارند. همچنین تأثیر رشد ریزجلبک‌ها بر روی پارامترهای BOD، نیترات و فسفات در تیمارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در هر دو ریزجلبک بیشترین درصد حذف این آلاینده ها مربوط به پساب‌های پیش تیمار شده شهری و کمترین درصد حذف نیز مربوط به ریزجلبک *اسپیرولینا* در پساب خام کشتارگاه بدست آمد. با توجه به نتایج، مشخص می شود که پساب‌های پیش تیمار شده (شهری و کشتارگاه) می توانند جایگزین مناسبی برای محیط کشت های تجاری رایج در کشت این دو ریزجلبک استفاده شوند.

کلید واژه ها: پساب شهری، پساب صنعتی، *کلرلا ولگاریس*، *اسپیرولینا پلاتنسیس*، تصفیه پساب، نیترات، فسفات

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- آب های طبیعی و ویژگی آنها ۱
۱-۲- مهمترین بخش های مصرف کننده آب ۲
۱-۲-۱- مصرف آب در بخش شهری ۲
۱-۲-۲- مصرف آب در بخش های مختلف صنعت ۲
۱-۳- آلودگی آب و آلاینده های آن ۳
۱-۳-۱- یوتریفیکاسیون ۳
۱-۴- تصفیه فاضلاب ۴
۱-۵- معرفی انواع پساب ۵
۱-۵-۱- فاضلاب های شهری ۵
۱-۵-۲- فاضلاب صنعتی ۵
۱-۵-۳- فاضلاب کشتارگاه ۵
۱-۵-۳-۱- تصفیه فاضلاب کشتارگاه ها ۷
۱-۵-۴- فاضلاب کشاورزی ۷
۱-۶- مشخصات کیفی فاضلاب ۷
۱-۶-۱- ویژگی های فیزیکی ۷
۱-۶-۲- ویژگی های شیمیایی ۹
۱-۶-۲-۱- مواد آلی طبیعی ۹
۱-۶-۲-۲- مواد غیر آلی ۱۰
۱-۶-۲-۳- گازها ۱۱
۱-۶-۳- مشخصه های بیولوژیکی ۱۱
۱-۷- روش های تصفیه فاضلاب ۱۱
۱-۷-۱- عملیات واحد فیزیکی ۱۱
۱-۷-۲- فرآیندهای واحد شیمیایی ۱۱

عنوان **صفحه**

۱-۷-۳- فرآیندهای واحد بیولوژیکی ۱۲
۱-۷-۴- تصفیه مقدماتی فاضلاب (تصفیه اولیه) ۱۲
۱-۷-۵- تصفیه متداول فاضلاب (تصفیه ثانویه) ۱۳
۱-۷-۶- تصفیه پیشرفته فاضلاب(تصفیه ثالث) ۱۳
۱-۷-۷- تصفیه مواد سمی و حذف آلاینده های خاص ۱۳
۱-۸- فرآیند های بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب ۱۴
۱-۸-۱- نقش میکروارگانیسم ها در فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب ۱۴
۱-۸-۲- تأمین اکسیژن توسط ریزجلبک ها ۱۵
۱-۹- حذف ترکیبات مغذی نیتروژن و فسفر از فاضلاب ۱۷
۱-۹-۱- فسفر ۱۷
۱-۹-۲- نیتروژن ۱۸
۱-۹-۲-۱- سمیت این یون ها ۱۸
۱-۹-۲-۲- ترکیبات نیتروژن دار در فاضلاب ۱۸
۱-۹-۳- نیتریفیکاسیون ۱۸
۱-۹-۴- چرخه نیتروژن در فاضلاب ۱۹
۱-۱۰- معرفی تصفیه خانه های مورد مطالعه در این پژوهش ۲۰
۱-۱۰-۱- تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان ۲۰
۱-۱۰-۲- فاضلاب کشتارگاه اصفهان ۲۰
۱-۱۱- ریزجلبک ها ۲۱
۱-۱۲- معرفی ریزجلبک های مورد مطالعه در این پژوهش ۲۲
۱-۱۲-۱- *کلرلا ولگاریس* ۲۲
۱-۱۲-۱-۱- تاکسونومی *کلرلا ولگاریس* ۲۲
۱-۱۲-۱-۲- ریخت شناسی، سازماندهی سلولی و تولید مثل *کلرلا ولگاریس* ۲۳
۱-۱۲-۱-۳- ترکیبات سلولی و رنگیزه های *کلرلا ولگاریس* ۲۳
۱-۱۲-۱-۴- اکولوژی و فیزیولوژی *کلرلا ولگاریس* ۲۴
۱-۱۲-۲- *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۲۴

عنوان **صفحه**

۱-۱۲-۲-۱- تاکسونومی، خصوصیات سلولی و تولید مثل *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۲۴
۱-۱۲-۲-۲- ترکیبات سلولی و رنگیزه های *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۲۶
۱-۱۲-۲-۳- اکولوژی و فیزیولوژی *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۲۶
۱-۱۳- توانایی رشد ریزجلبک ها در فاضلاب ۲۶
۱-۱۴- عوامل موثر در کشت ریزجلبک ها ۲۷
۱-۱۴-۱- عوامل فیزیکی ۲۸
۱-۱۴-۱-۱- نور ۲۸
۱-۱۴-۱-۲- دما ۲۹
۱-۱۴-۱-۳- pH ۳۰
۱-۱۴-۱-۴- تلاطم و مخلوط سازی ۳۱
۱-۱۴-۲- عوامل شیمیایی ۳۱
۱-۱۴-۲-۱- قابلیت دسترسی به منابع غذایی ۳۱
۱-۱۴-۲-۲- کربن ۳۲
۱-۱۴-۲-۳- نیتروژن ۳۲
۱-۱۴-۲-۴- فسفر ۳۳
۱-۱۴-۲-۵- اکسیژن ۳۴
۱-۱۴-۲-۶- مواد غذایی دیگر ۳۴
۱-۱۴-۳- عوامل بیولوژیکی ۳۴
۱-۱۴-۳-۱- رقابت و آلودگی های زیستی ۳۴
۱-۱۴-۴- مواد مهارکننده ۳۵
۱-۱۵- کاربردهای رشد ریزجلبک بر روی پساب ۳۵
۱-۱۵-۱- نقش ریزجلبک ها در تصفیه فاضلاب و خالص سازی آب ۳۶
۱-۱۵-۲- سوخت زیستی ۳۷
۱-۱۵-۳- تثبیت گاز کربنیک ۳۸
۱-۱۵-۴- سایر کاربردهای بیومس جلبکی ۳۸
۱-۱۶- مرور منابع ۳۸

عنوان **صفحه**

۱-۱۷- اهداف پژوهش ۴۲

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱- تهیه جلبک ها ۴۳

۲-۲- نحوه ی نگهداری ریزجلبک ها ۴۳

۲-۲-۱- تهیه محیط کشت برای نگهداری جلبک ها ۴۳

۲-۲-۱-۱- طرز تهیه محیط کشت مایع ۴۳

۲-۲-۱-۲- طرز تهیه محیط کشت جامد ۴۴

۲-۲-۲- شرایط نگهداری جلبک ها ۴۵

۲-۳- تهیه پساب های شهری و صنعتی ۴۵

۲-۳-۱- شرایط نگهداری پساب ۴۵

۲-۳-۲- پیش تیمار یا آماده سازی پساب ۴۵

۲-۴- طراحی آزمایش ۴۶

۲-۵- تلقیح جلبک ها ۴۶

۲-۶- شرایط فیزیکی محیط کشت ۴۶

۲-۶-۱- تنظیم pH ۴۷

۲-۶-۲- تنظیم نور ۴۷

۲-۶-۳- دمای محیط ۴۷

۲-۶-۴- مخلوط سازی ۴۷

۲-۶-۵- هوادهی ۴۷

۲-۷- اندازه گیری پارامتر های رشد ۴۸

۲-۷-۱-OD ۴۸

۲-۷-۲- اندازه گیری وزن خشک ۴۸

۲-۷-۲-۱- منحنی کالیبراسیون استاندارد وزن خشک/تراکم نوری (OD) ۴۸

۲-۷-۲-۲- اندازه گیری وزن خشک ۴۹

۲-۷-۳- شمارش سلولی ۵۰

عنوان **صفحه**

۲-۷-۳-۱- منحنی کالیبراسیون استاندارد شمارش/تراکم نوری(OD) ۵۰

۲-۷-۳-۲- شمارش سلولی ریزجلبک *کلرلا ولگاریس* ۵۱

۲-۷-۳-۳- شمارش سلولی ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۵۲

۲-۷-۴- فرمول های مورد استفاده برای اندازه گیری پارامترهای رشد ۵۲

۲-۷-۵- اندازه گیری محتوی کلروفیل a ۵۳

۲-۸- اندازه گیری ترکیبات سلولی ۵۳

۲-۸-۱- روش اندازه گیری و محاسبه محتوی لیپید کل ۵۳

۲-۸-۲- روش استخراج و محاسبه محتوی پروتئین کل ۵۴

۲-۸-۲-۱- بافر لیز کننده ۵۴

۲-۸-۲-۲- معرف برادفورد ۵۵

۲-۸-۲-۳- منحنی استاندارد ۵۵

۲-۸-۲-۴- شکستن سلول و استخراج پروتئین ۵۶

۲-۹- اندازه گیری پارامترهای پساب ۵۶

۲-۹-۱- اندازه گیری BOD ۵۶

۲-۹-۲- اندازه گیری نیترات ۵۷

۲-۹-۳- اندازه گیری فسفات ۵۸

۲-۹-۴- محاسبه درصد حذف آلاینده ها در طی رشد ریزجلبک ها ۵۹

۲-۱۰- تجزیه تحلیل آماری ۵۹

فصل سوم: نتایج

۳-۱- پاسخ رشد ریزجلبک‌های *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* نسبت به محیط کشت‌های مختلف ۶۱

۳-۱-۱- بررسی روند رشد ریزجلبک *کلرلا ولگاریس* ۶۱

۳-۱-۲- بررسی روند رشد ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۶۵

۳-۲- بررسی اثر تیمارهای مختلف شهری و کشتارگاه بر پارامترهای رشد دو ریزجلبک ۶۹

۳-۲-۱- نرخ ویژه رشد (μ) ۶۹

۳-۲-۲- میزان تولید روزانه (P) ۷۰

عنوان **صفحه**

۳-۳- تأثیر تیمارهای مختلف از پساب های شهری و کشتارگاه بر روی ترکیبات سلولی ریز جلبک ها ۷۱

۳-۳-۱- میزان پروتئین و لیپید ریزجلبک *کلرلا ولگاریس* در تیمارهای مختلف ۷۲

۳-۳-۲- میزان پروتئین و لیپید ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* در تیمارهای مختلف ۷۳

۳-۴- تأثیر رشد ریزجلبک های مورد مطالعه بر ویژگی های پساب مختلف ۷۴

۳-۴-۱- تغییرات میزان BOD در تیمارهای مختلف تحت رشد ریزجلبک ها ۷۴

۳-۴-۲- تغییرات میزان نیترات در تیمارهای مختلف تحت رشد ریزجلبک ها ۷۶

۳-۴-۳- تغییرات میزان فسفات در تیمارهای مختلف تحت رشد ریزجلبک ها ۷۷

فصل چهار: بحث و نتیجه گیری

۴-۱- کشت ریزجلبک ها بر روی پساب ۸۰

۴-۲- تأثیر تیمارهای مختلف پساب بر میزان ترکیبات بیوشیمیایی هر یک از ریزجلبک ها ۸۳

۴-۳- تأثیر رشد ریزجلبک های *کلرلا* و *اسپیرولینا* بر میزان BOD، نیترات و فسفات در تیمارهای مختلف.... ۸۶

جمع بندی ۹۰

پیشنهادات ۹۲

پیوست ها..... ۹۳

فهرست منابع ۱۱۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- ترکیبات عمومی پساب های خانگی تصفیه نشده ۶
جدول ۱-۲- مشخصات فاضلاب کشتارگاه ۶
جدول ۱-۳- مشخصه های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب و منابع آنها ۸
جدول ۱- ۴- عملیات و فرآیند های سیستم‌های تصفیه فاضلاب مورد استفاده در جدا سازی فسفر و ازت موجود در فاضلاب ۱۲
جدول۱-۵- ارگانیسم هایی که در فرآیند لجن فعال توانایی انجام نیتریفیکاسیون را دارند ۱۹
جدول ۱-۶- ویژگیهای کمی وکیفی فاضلاب کشتارگاه فساران ۲۱
جدول ۱-۷- فاکتورهای تأثیرگذار بر روی رشد ریزجلبک ها ۲۷
جدول ۲-۱- ترکیبات محیط کشت BG11 ..... ۴۴
جدول ۲-۲- ترکیبات مربوط به ساخت Trace Elements برای محیط کشت BG11 ..... ۴۴
جدول ۲-۳- تیمارهای طراحی شده در این پژوهش ۴۶
جدول ۴-۱- خلاصه ای از نتایج بدست آمده از رشد ریزجلبک ها در مطالعات انجام شده ۱۰۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- همزیستی باکتری های هوازی و ریزجلبک ها در فاضلاب ۱۵
شکل ۱-۲- چگونگی کاهش BOD از فاضلاب توسط ریزجلبک ها ۱۶
شکل ۱-۳- برهم کنش مثبت و منفی باکتری و ریزجلبک در فاضلاب ۱۷
شکل ۱-۴- تصفیه خانه جنوب اصفهان ۲۱
شکل ۱-۵- *کلرلا ولگاریس* ۲۳
شکل ۱-۶- *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۲۵
شکل ۱-۷- مقدار نسبی شکل های متفاوت کربن در نتیجه pH های مختلف ۳۱
شکل ۲-۱- منحنی کالیبراسیون استاندارد وزن خشک/ تراکم نوری برای ریزجلبک *Chlorella vulgaris* ... ۴۹
شکل ۲-۲- منحنی کالیبراسیون استاندارد وزن خشک/ تراکم نوری برای ریزجلبک *Spirulina platensis* . ۵۰
شکل ۲-۳- منحنی کالیبراسیون استاندارد شمارش/تراکم نوری برای ریزجلبک *Chlorella vulgaris* ۵۱
شکل ۲-۴- منحنی کالیبراسیون استاندارد شمارش/تراکم نوری برای ریزجلبک *Spirulina platensis* ۵۱
شکل ۲-۵- منحنی استاندارد پروتئین غلظت های مختلف ۵۵
شکل ۲-۶- منحنی استاندارد نیترات ۵۹
شکل ۲-۷- منحنی استاندارد فسفات ۵۹
نمودار ۳-۱- روند رشد ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف بر حسب وزن خشک سلولی..۶۲
نمودار ۳-۲- میانگین وزن خشک سلولی ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف. ۶۲
نمودار۳-۳- روند رشد ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف ۶۳
نمودار ۳-۴- میانگین تعداد سلول شمارش شده ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف..... ۶۴
نمودار ۳-۵- محتوی کلروفیل a ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف. ۶۴
نمودار ۳-۶- میانگین محتوی کلروفیل a ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف. ۶۵
نمودار ۳-۷- روند رشد ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف برحسب وزن خشک سلولی ۶۶
نمودار ۳-۸- میانگین وزن خشک سلولی در ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف. ۶۶
نمودار ۳-۹- روند رشد ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف. ۶۷
نمودار ۳-۱۰- میانگین تعداد سلول شمارش شده در ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف..۶۷
نمودار ۳-۱۱- محتوی کلروفیل a ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۶۸
نمودار ۳-۱۲- میانگین محتوی کلروفیل a ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۶۸
شکل ۳-۱۳- نرخ ویژه رشد ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف ۶۹

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱۴- نرخ ویژه رشد ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف.. ..... ۷۰
شکل ۳-۱۵- میزان تولید ریزجلبک *Chlorella vulgaris* در تیمارهای مختلف. ۷۱
شکل ۳-۱۶- میزان تولید ریزجلبک *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف.. ..... ۷۱
شکل ۳-۱۷- محتوی لیپیدی جلبک *Chlorella vulgaris* تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۷۲
شکل ۳-۱۸- محتوی پروتئینی جلبک *Chlorella vulgaris* تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۷۳
شکل ۳-۱۹- محتوی لیپیدی جلبک *Spirulina platensis* تحت تأثیر تیمارهای مختلف ۷۴
شکل ۳-۲۰- محتوی پروتئینی جلبک *Spirulina platensis* تأثیر تیمارهای مختلف ۷۴
شکل ۳-۲۱- تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* بر میزان BOD پساب های مختلف. ۷۵
شکل ۳-۲۲- تأثیر رشد *Spirulina platensis* بر میزان BOD پساب های مختلف ۷۵
شکل ۳-۲۳- مقایسه درصد حذف BOD تحت تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۷۶
شکل ۳-۲۴- تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* بر میزان نیترات پساب های مختلف ۷۶
شکل ۳-۲۵- تأثیر رشد *Spirulina platensis* بر میزان نیترات پساب های مختلف ۷۷
شکل ۳-۲۶- مقایسه درصد حذف نیترات تحت تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۷۷
شکل ۳-۲۷- تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* بر میزان فسفات پساب های مختلف.. ..... ۷۸
شکل ۳-۲۸- تأثیر رشد *Spirulina platensis* بر میزان فسفات پساب های مختلف.. ..... ۷۸
شکل ۳-۲۹- مقایسه درصد حذف فسفات تحت تأثیر رشد *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۷۹

پیشگفتار

مشکل کم آبی در قرن حاضر به یکی از بزرگترین چالش ها برای بشریت تبدیل شده است که می تواند منبع بسیاری از تحولات مثبت و منفی در جهان باشد. شکاف میان عرضه و تقاضای آب بحران جدیدی است که امروزه دست به گریبان همه ملت ها شده است. ایران نیز سرزمینی‌ست با مقدار بارش سالانه اندک که استفاده بیش از حد آب آن را به یک کشور خشک و مستعد خشکسالی مبدل ساخته است (Karbalaii, 2010).

پساب های شهری و صنعتی به عنوان یکی از منابع آلاینده محیط زیست محسوب می شوند، چرا که با مجموعه ای از عوامل بالقوه و بالفعل خود تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را در محیط به ویژه محیط های آبی ایجاد می کنند. از سویی در حدود ۹۹/۹ درصد از فاضلاب را آب تشکیل می دهد و تنها در حدود ۰/۱ درصد آن از ناخالصی هایی مانند مواد جامد معلق کلوئیدی و محلول تشکیل شده است، از این روست که در مناطق وسیعی از جهان، به خصوص در مناطق خشک، بعد از تصفیه آن، به عنوان منبع آب در بخش های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد (ملاردی، ۱۳۸۱). این مواد زاید ممکن است به صورت جامد، مایع یا گاز باشند. مواد زاید مایع را در اصطلاح فاضلاب[1] یا پساب می گویند. فاضلاب همان آبی است که در نتیجه کابرد های مختلف آلوده شده است. فاضلاب معمولاً از مناطق مسکونی، اداری، تجاری و صنعتی سرچشمه می گیرد و گاه با آب‌های زیرزمینی، سطحی یا سیلاب ها آمیخته می شود (ندافی، ۱۳۷۹).
تصفیه سنتی پساب شامل فاز اولیه تصفیه برای رسوب گذاری مواد جامد، یک فاز ثانویه تصفیه[2] که مواد آلی حل شده و معلق را حذف می کند و فاز تصفیه ثالث[3] در تصفیه نهایی آب که این مرحله قبل از رها کردن آب به محیط اجرا می شود (Pittman et al., 2010).

پساب های شهری منبع غنی از مواد آلی و مغذی بوده که باعث تقویت رشد ریزجلبک‌ها می شوند. از بین این مواد می-توان به آمونیوم، نیترات و فسفات اشاره نمود که در یوتریفیکاسیون[4] شرکت دارند. ریزجلبک‌ها علاوه بر اینکه می‌توانند در پساب‌های غنی از نیتروژن و فسفر رشد کنند، پتانسیل بالایی در حذف این ترکیبات از فاضلاب دارند. در مقایسه با پروسه‌های سنتی تصفیه فاضلاب که با تولید لجن، مواد کربنی آلی را به دی‌اکسیدکربن تجزیه می‌کنند، جلبک ها در سیستم کشت فاضلاب در حالی که در طی فتوسنتز از انرژی خورشید و دی اکسیدکربن استفاده می کنند، می توانند مواد آلوده کننده آلی را که شامل مقادیر بالایی نیتروژن و فسفر هستند به ساختارهای سلولی مانند لیپیدها یا کربوهیدرات تبدیل کنند (Brennan and Owende, 2010; Wang et al., 2010).

با اینکه تولید بیومس از فاضلاب به دهه ۱۹۵۰ بر می‌گردد، تا به امروز استفاده ی کاربردی از فاضلاب برای تولید بیومس فقط در مقیاس کوچک و عموماً در برکه های تثبیت فاضلاب یا در HRAP[5] انجام شده است (Johnson and Sprague,1987; Pittman et al., 2010). در این حوضچه ها همزمان با رشد ریزجلبک میزان نیتروژن، فسفر، BOD[6] و COD[7] به صورت چشمگیری کاهش خواهد یافت، از طرفی اکسیژن حاصل در طی فتوسنتز به مصرف

---

[1] -Wastewater
[2] -Secondary wastewater treatment
[3] -Tertiary wastewater treatment
[4] -Eutrophication
[5] -High Rate Algal Pond
[6] -اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
[7] -اکسیژن مورد نیاز شیمیایی

باکتری های هوازی موجود در حوضچه ها قرار گرفته و باعث کاهش رقابت با باکتری های بی هوازی شده، در نتیجه باعث کاهش بوی نامطبوع در برکه ها خواهد شد. فرآیندهای سنتی تصفیه فاضلاب هزینه های بالایی را برای هوادهی مکانیکی به منظور تأمین اکسیژن برای باکتری های هوازی، که ترکیبات آلی موجود در فاضلاب را طی نیتریفیکاسیون مصرف می کنند، تحمل می کنند. به طبع سیستم تصفیه جلبکی همراه با کاهش هزینه ها در مقایسه با تصفیه سنتی پساب خواهد بود. لجن حاصل شده از بیومس جلبکی دارای انرژی بالقوه ای است که بعداً برای ایجاد سوخت های زیستی یا دیگر محصولات ارزشمند مانند کودها کاربرد دارد.

بطور کلی در ابتدا کشت ریزجلبک ها بیشتر به منظور تأمین منبع پروتئینی در سفرهای فضایی بود (Borowitzka, 1999). بهره‌برداری تجاری از *کلرلا ولگاریس*[1] اولین بار در سال ۱۹۶۱ توسط شرکت "Nihon Chlorella" و با استفاده از تأسیسات انستیتو تحقیقاتی ریزجلبک ها در ژاپن صورت گرفت (Mata et al., 2010). هدف از این تحقیقات تولید محصولات غذایی و دارویی بود. *اسپیرولینا پلاتنسیس* تقریباً ۷۰۰ سال است که در رژیم غذایی انسان مورد استفاده بوده است و شاید قدمتی بیش از تاریخ قاره های آمریکا و آفریقا داشته باشد. تولید انبوه ریزجلبک ها پس از *کلرلا ولگاریس* و در دهه ۱۹۷۰ برای اولین بار به سمت ریزجلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس*[2] معطوف گردید.

در این پژوهش سعی بر آن است که توانایی رشد دو ریزجلبک *کلرلا* ولگاریس و *اسپیرولینا پلاتنسیس* به کمک پساب-های شهری و صنعتی (کشتارگاه) به عنوان جایگزینی برای کاهش مصرف آب و مواد شیمیایی سنتزی رایج در کشت توده ای ریزجلبک ها که هزینه زیادی را به خود اختصاص داده اند، تعیین گردد.

[1] -*Chlorella vulgaris*

[2] -*Spirulina platensis*

فصل اول

مقدمه

۱-۱-آب های طبیعی و ویژگی آنها

آب‌هایی که در طبیعت وجود دارند، نمونه‌های گوناگونی از آب خالص هستند، اما بر اثر تماس با بسیاری از مواد و اجسام، موادی به صورت حل شده یا ذرات معلق و حتی شناور در آن وارد و سبب ناخالصی آن می شوند. نوع، ماهیت و میزان ناخالصی‌های آب به عوامل گوناگونی مانند مکان، نوع منبع آب، نوع مواد طبیعی موجود در محیط، دمای آب و غیره بستگی دارد. مهمترین ناخالصی‌های آب طبیعی را می توان به سه دسته کلی به صورت زیر تقسیم کرد:

- مواد جامد و گازی حل شده
- مواد گازی حل شده
- مواد جامد معدنی و آلی معلق
- باکتری‌ها، جلبک ها و ویروس‌ها

وجود مواد حل شده یا معلق در آبهای طبیعی سبب می شوند که اینگونه آبها، ویژگیهای آب خالص(خواص ویژه آب) را نداشته باشد. این آب بر خلاف آب خالص میتوانند دارای بو، رنگ و طعم نا خوشایند باشند.

از این رو اکثر آب‌های طبیعی به دلیل در برداشتن مواد گوناگون و باکتری‌های بیماری‌زا به طور مستقیم قابل استفاده نیستند. برای استفاده از آب‌های طبیعی به منظور فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی باید آن را تصفیه کرد و برخی مواد شیمیایی حل شده در آن را حذف نمود، البته برای استفاده آب در منزل و آشامیدن، باید به منظور از