Journal of Environment and Water Engineernig
ISSN: 2476-3683

مجله محیط زیست و مهندسی آب
شاپک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی با استفاده از میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* در مقیاس آزمایشگاهی

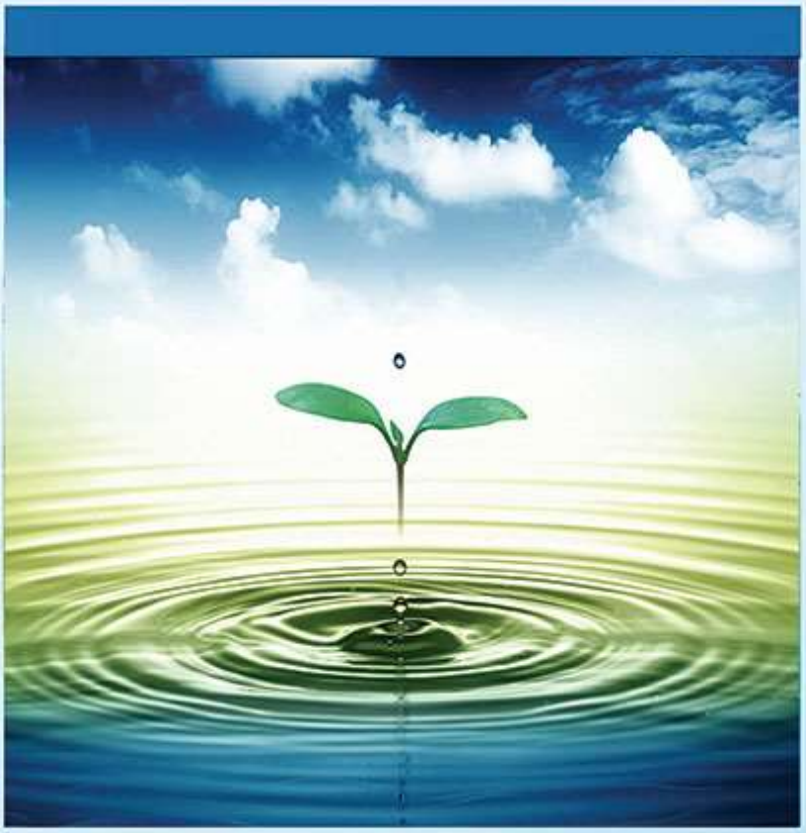
موسی عباسی بیرگانی، رضا علیزاده، ستار طهماسبی انفرادی و ستار سلطانیان

دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۵۶ - ۱۴۴

Vol. 3(2), Summer 2017, 144 – 156

Biological Treatment of Domestic Wastewater using *Chlorella vulgaris* Microalgae at Laboratory Scale

Abbasi Biregani M, Alizadeh R.,
Tahmasebi Enferadi S. and Soltanian S.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: عباسی بیرگانی م.، علیزاده ر.، طهماسبی انفرادی س. و سلطانیان س. (۱۳۹۶). تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی با استفاده از میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* در مقیاس آزمایشگاهی. محیط‌زیست و مهندسی آب، جلد۳، شماره ۲، صفحات: ۱۵۶ – ۱۴۴

How to cite this paper: Abbasi Biregani M, Alizadeh R., Tahmasebi Enferadi S. and Soltanian S. (2017). Biological treatment of domestic wastewater using *Chlorella Vulgaris* microalgae at laboratory scale. J. Environ. Water Eng., 3(2), 144– 156.

تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی با استفاده از میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* در مقیاس آزمایشگاهی

موسی عباسی بیرگانی*[۱]، رضا علیزاده[۲]، ستار طهماسبی انفرادی[۳] و ستار سلطانیان[۴]

[۱] کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، خوزستان، ایران

[۲] استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، خوزستان، ایران

[۳] استادیار، گروه زیست‌فناوری انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری، تهران، ایران

[۴] مربی، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، خوزستان، ایران

*نویسنده مسئول: abbasi.mousa@yahoo.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۸/۱۹] تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۱۱/۲۰]

چکیده

به علت توانایی بالقوه فاضلاب‌ها در آلوده‌سازی منابع غذایی و آب‌ها، بر تصفیه فاضلاب‌ها تأکید می‌شود. یکی از مؤثرترین روش‌های بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب، استفاده از گیاهان می‌باشد. گروهی از گیاهان که اخیراً جهت تصفیه فاضلاب‌ها موردتوجه محققین قرارگرفته‌اند، میکروجلبک‌ها می‌باشند. میکروجلبک‌ها با استفاده از نور خورشید، مواد مغذی فاضلاب را مصرف کرده و این مواد را به توده‌های زیستی مفیدی تبدیل می‌کنند. در این پژوهش عملکرد میکروجلبک کلرلاولگاریس در تصفیه فاضلاب انسانی موردبررسی قرار گرفت. ابتدا میکروجلبک درون فتوبیورآکتور پرورش و سپس توده زیستی میکروجلبک تحت شرایط متغیر در محیط فاضلاب کشت داده شد. طی دوره پرورش میکروجلبک‌ها در فاضلاب، میزان BOD فاضلاب، در شرایط مختلف آزمایش و در زمان‌های ماند متفاوت، با استفاده از دستگاه BOD متر تعیین شد. بهترین شرایط جهت رشد میکروجلبک کلرلاولگاریس در محیط فاضلاب دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت زیست‌توده ۳۰ درصد تعیین شد. نتایج نشان داد که در شرایط بهینه رشد و در زمان‌ماند ۷۲ ساعت، میکروجلبک کلرلاولگاریس قادر به حذف ۸۲ درصد از BOD فاضلاب می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده توانایی میکروجلبک کلرلاولگاریس در کاهش میزان BOD فاضلاب و امکان کاربرد آن جهت تصفیه فاضلاب را نشان داد.

کلمات کلیدی: کلرلاولگاریس، تصفیه فاضلاب، فتوبیورآکتور، زمان‌ماند

۱- مقدمه

رابطه انسان عصر حاضر با محیط‌زیست دست‌خوش بحران است. این بحران در اثر دخالت و بهره‌برداری نامعقول و تخریب سودجویانه در محیط‌زیست ایجادشده و اثرات زیانباری برای انسان و محیط اطراف او به همراه دارد .Tchobanogolous et al (2003). ورود مواد آلاینده به آب‌ها و تجمع آن‌ها در آبزیان به‌واسطه خطراتی که برای انسان و دیگر موجودات ایجاد می‌کند، بخش مهمی از آلودگی محیط‌زیست را شامل می‌شود. کنترل، کاهش بار آلودگی و تصفیه فاضلاب‌ها از دیدگاه سلامت و بهداشت عمومی، پیشگیری از نابودی آبزیان و جلوگیری از به‌هم خوردن زنجیره غذایی در بوم‌سازگان حائز اهمیت است (.Monzavi 2009). افزایش جمعیت و مصرف روزافزون منابع منجر به تولید ضایعات و فاضلاب بیش‌تری توسط بشر گردیده است. به‌طوری‌که فاضلاب‌ها و چگونگی دفع آنها از چالش‌های بشر در عصر جدید می‌باشد. فاضلاب‌ها به علت مواد تشکیل‌دهنده آن (مدفوع انسانی و حیوانی، شوینده‌ها، ضایعات کشتارگاهی و...) دارای مقادیر بالایی از مواد مغذی همچون نیتروژن و فسفر می‌باشند و رهاسازی آن‌ها در آب‌های طبیعی می‌تواند منجر به یوتروف شدن این آب‌ها گردد. در اکثر مواقع رفع آلودگی از محیط، سخت‌تر و غیراقتصادی‌تر از حفظ محیط‌زیست در مقابل آلوده شدن است و این خود لزوم استفاده از سیستم‌های تصفیه فاضلاب را گوشزد می‌کند. این مسئله موجب شده تا دانشمندان از طریق روش‌های مختلف بار آلودگی فاضلاب واردشده به محیط را کاهش دهند. یکی از مؤثرترین روش‌ها که در چند سال اخیر موردتوجه قرارگرفته است، استفاده از گیاهان در تصفیه فاضلاب به‌صورت گسترده است (Munoz and Guieysse 2006). استفاده از جلبک‌ها جهت تصفیه فاضلاب سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روشی است که به‌طور مؤثر می‌تواند مواد فاسد و خطرناک را به مواد ارزشمند زیستی تبدیل کند (Kianmehr 2009). رشد جلبک‌ها به‌عنوان گیاهان تصفیه‌کننده فاضلاب‌ها نیز حائز اهمیت است. این جلبک‌ها برای انجام فعالیت‌های متابولیسم خود نیترات‌ها و فسفات‌ها را مصرف کرده و با انجام فرآیند فروغ‌آمایی، اکسیژن آزاد می‌کنند و اکسیژن آزادشده به باکتری‌های هوازی کمک می‌کند تا در تجزیه مواد خام فاضلاب‌ها فعال باشند (Monzavi 2009). فرآیند فروغ‌آمایی توسط جلبک‌ها سبب وفور اکسیژن می‌شود و اکسیژن تولیدشده به مصرف خرده‌زیستمندها می‌رسد. خرده‌زیستمندها مسئولیت تجزیه نمودن بقایای مواد آلی را در فاضلاب‌ها به‌عهده دارند. لذا پدیده اکسیژنه نمودن به‌وسیله جلبک‌ها بسیار متداول است. برخی از جلبک‌ها نظیر کلرلا در این پدیده بسیار مؤثر واقع می‌شوند. به‌این‌ترتیب جلبک‌ها نقش مهمی را در تصفیه فاضلاب‌ها به‌عهده دارند که گاه به‌صورت طبیعی این پدیده انجام می‌شود. امروزه میکروجلبک‌ها به دلایل متعددی همچون استفاده از مواد مضر فاضلاب به‌عنوان غذا و سرعت بالای رشد به یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی موردتوجه محققان تبدیل‌شده‌اند (Olguin. 2003). همچنین تصفیه انواع فاضلاب‌ها به کمک میکروجلبک یک روش دوستدار محیط‌زیست است، زیرا در این فرآیند هیچ آلاینده ثانویه‌ای تولید نمی‌شود و همچنین توده زیستی تولیدی نیز بازیابی شده و مورداستفاده قرار می‌گیرد.(Rawat et al. 2011) مهم‌ترین اهداف این پژوهش به‌کارگیری میکروجلبک‌ها در تصفیه فاضلاب انسانی در مقیاس آزمایشگاهی، پرورش و تکثیر و رشد میکروجلبک‌ها در مقیاس آزمایشگاهی، معرفی گونه مناسب میکروجلبک که در تصفیه فاضلاب راندمان بهتری دارد و بررسی پارامترهای مؤثر بر تصفیه فاضلاب می‌باشد. (Karbasi et al. 2015) با بررسی حذف نیتروژن و فسفر از پساب شهری توسط میکروجلبک به این نتیجه رسیدند که با کمک میکروجلبک‌ها می‌توان نیتروژن و فسفر را از فاضلاب حذف کرد. Valizadeh and Tahmasebi (2014) تصفیه پساب لبنی با استفاده از میکروجلبک در میکروراکتور را موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما و تأمین شرایط بهینه رشد، راندمان حذف مواد آلاینده افزایش می‌یابد. Munoz et al. (2006) از یک فتوبیوراکتور بسته برای تصفیه فاضلاب استفاده کردند که در آن توده زیستی به دیواره فتوبیوراکتور متصل شده بود. آنها دریافتند که در این قبیل سیستم‌ها که توده زیستی به دیواره راکتور اتصال یافته باشد حاصل تصفیه، سمیت کمتری خواهد داشت. Rezvani et al. (2014) حذف زیستی فنل توسط جلبک *کلرلا ولگاریس* را موردمطالعه قراردادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت اولیه فنل، سرعت تخریب آن توسط میکروجلبک افزایش‌یافته، همچنین با افزایش شدت نور، سرعت رشد میکروجلبک افزایش می‌یابد و فنل با سرعت بیشتری توسط میکروجلبک حذف می‌شود. در این پژوهش از گونه میکروجلبک کلرلا *ولگاریس* استفاده شد، میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* دارای رشد سریع بوده

و مقاومت زیادی در مقابل شرایط و تنش‌های محیطی دارد. میکروجلبک کلرلا متعلق به شاخه کلروفیتا بوده و به‌صورت تک‌سلولی بسیار کوچک و کروی است. این میکروجلبک در مجاورت CO_2، نور و مواد معدنی به سرعت رشد می‌کند، به همین دلیل این جلبک را به‌عنوان پروتئین تک‌سلولی در کشورهایی نظیر ژاپن کشت می‌دهند (Riahi 2008). این تحقیق به منظور تعیین کارایی استفاده از میکروجلبک کلرلا ولگاریس در تصفیه فاضلاب خانگی در مقیاس آزمایشگاهی در دماها و غلظت زیست‌توده متغیر انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-کلیات آزمایش

در این پژوهش گونه میکروجلبک در تمامی آزمایش‌ها ثابت بوده و محدوده تغییرات دما ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت زیست‌توده ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد مورد آزمایش قرار گرفتند. بر اساس متغیرهای ذکرشده آزمایش‌های مربوطه انجام و تأثیر فاکتورهای مهم میزان دما و غلظت زیست‌توده در فرآیند تصفیه فاضلاب به‌وسیله میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* بررسی گردید. هر آزمایش با ۷ تکرار انجام شد تا صحت داده‌های به‌دست‌آمده کاملاً تأیید گردد. پارامتر اندازه‌گیری شده در هر آزمایش شامل میزان BOD در مقادیر مختلف دما و غلظت زیست‌توده بود. حجم تمامی نمونه‌ها جهت تصفیه فاضلاب با استفاده از میکروجلبک‌ها ۲۵۰ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. فاضلاب با نسبت‌های مختلف مواد مغذی در آزمایشگاه ساخته‌شده و با استفاده از روش هوادهی به‌وسیله پمپ هوادهی عمل اختلاط و جابجایی میکروجلبک‌ها و مواد غذایی موجود در فاضلاب جهت جلوگیری از رسوب آن‌ها انجام گرفت. جهت تنظیم دمای نمونه‌های فاضلاب و همچنین ایجاد عمل اختلاط و هم‌زدن محیط از گرمخانه شیکردار استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان BOD فاضلاب در مراحل مختلف آزمایش از دستگاه BOD متر شش‌خانه (مدل AL606 ساخت شرکت آکوالیتیک کشور آلمان، دارای محدوده اندازه‌گیری ۴۰۰۰-۰ میلی‌گرم بر لیتر BOD حجم نمونه) موجود در اداره کل سازمان حفاظت محیط‌زیست استان چهارمحال و بختیاری استفاده شد.

۲-۲-گونه میکروجلبک

در این پژوهش از گونه میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* استفاده شد. این‌گونه میکروجلبک دارای رشد سریع بوده و مقاومت زیادی در مقابل شرایط و تنش‌های محیطی دارد. میکروجلبک کلرلا متعلق به شاخه کلروفیتا بوده و به‌صورت تک‌سلولی بسیار کوچک و کروی است. تمامی گونه‌های آن در آب‌های شیرین و خاک و بعضی دیگر به‌صورت همزیست در ساختار گلسنگ‌ها دیده می‌شوند (Riahi. 2008). میکروجلبک *کلرلا* حاوی اسیدهای آمینه (پروتئین)، آنزیم‌ها (ازجمله آنزیم پپسین برای گوارش)، ویتامین‌ها، مواد معدنی و کربوهیدرات‌ها می‌باشد. به‌طورمعمول ۵۰ درصد کلرلا را پروتئین تشکیل می‌دهد، پروتئین *کلرلا* ارزشمندتر از سایر منابع پروتئینی از قبیل گوشت، ماهی و تخم‌مرغ است، زیرا پروتئین آن از نوع ثانویه است (Faramarzi et al. 2010). این میکروجلبک در مجاورت Co_2، نور و مواد معدنی به سرعت رشد می‌کند، به همین دلیل این جلبک را به‌عنوان پروتئین تک‌سلولی در کشورهایی نظیر ژاپن کشت می‌دهند. از *کلرلا* آنتی‌بیوتیکی به‌نام کلورین استخراج می‌شود (Riahi 2008). شرایط بهینه جهت رشد میکروجلبک *کلرلا* دمای ۲۵ $^{\circ}C$، شدت نور ۳۵۰۰ لوکس و pH حدود ۶/۷ می‌باشد (Tarik 2008). جهت تهیه میکروجلبک موردنیاز در این پژوهش استوک خالص و استریل شده میکروجلبک فوق از پژوهشگاه بیوتکنولوژی غرب و شمال غرب ایران واقع در شهر تبریز خریداری گردید.

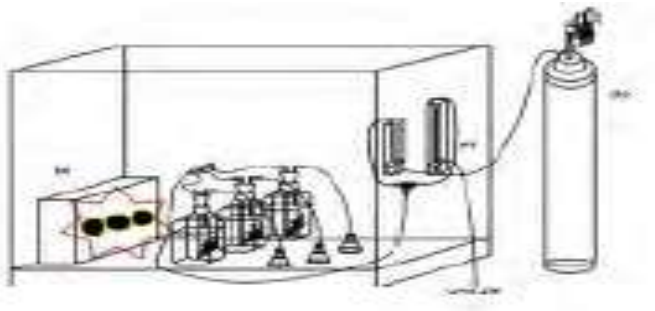
۲-۳- کشت میکروجلبک

محیط کشت Sorokin & Krauss به‌طور اختصاصی برای رشد کلرلا استفاده می‌شود (Faramarzi et al. 2010). اجزاء این محیط کشت در جدول (۱) آمده است. محیط کشت مذکور جهت کشت و پرورش میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* استفاده شد.

جدول ۱- اجزاء محیط کشت Sorokin & Krauss (Grobbellar 2006)

نام اجزاء محیط کشت	مقادیر موردنیاز
KNO_3	1.25 g
KH_2PO_4	1.25 g
$MgSO_4.7H_2O$	1 g
$CaCl_2.2H_2O$	0.04 g
$FeSO_4.7H_2O$	0.05 g
EDTA Na	0.5 g
H_3BO_4	114 µg
$MnCl_2$	14 g
$ZnSO_4.7H_2O$	8.82 g
$CuSO_4.5H_2O$	16 g
$Co(NO_3)_2.6H_2O$	0.49 g
MoO_3	0.71 g
Distilled Water	1000 ml

جهت کشت میکروجلبک کلرلاولگاریس از فتوبیورآکتوری استفاده گردید که با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی موجود طراحی و ساخته‌شد. فتوبیورآکتور آزمایشگاهی موردنیاز در این پژوهش با استفاده از یک ارلن مایر دو لیتری به‌عنوان محفظه اصلی فتوبیورآکتور، پمپ هوا جهت اختلاط محیط کشت، گرم‌خانه شیکردار جهت تأمین دمای بهینه و انجام عمل هم‌زدن محیط کشت، کپسول دی‌اکسید کربن جهت تأمین دی‌اکسید کربن موردنیاز و لامپ مهتابی فلورسنت سفید ۲۰ وات جهت تأمین نور موردنیاز (Faramarzi et al. 2010) و سایر لوازم آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد. در شکل (۱) طرح کلی فتوبیورآکتور آزمایشگاهی نشان داده‌شده است.



شکل ۱- طرح فتوبیورآکتور آزمایشگاهی (Mohammadi Sarvestani et al. 2012)

جهت انجام کشت مایع ناپیوسته (غیر مداوم) با استفاده از فتوبیورآکتور آزمایشگاهی، از یک ارلن مایر دو لیتری استفاده و محیط کشت اختصاصی میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* به حجم یک لیتر درون ارلن‌مایر ریخته شد. سپس به‌اندازه ۱۰ درصد از حجم محیط کشت (Mohammadi Sarvestani et al. 2012) استوک استریل میکروجلبک به محیط کشت اضافه گردید. در این مرحله به محیط کشت (ارلن مایر) ۱۰۰ میلی‌لیتر استوک میکروجلبک اضافه شد. ارلن مایر حاوی محیط کشت و استوک میکروجلبک، درون محفظه کشت (گرمخانه شیکردار)، با دمای $^{\circ}C$ ۲۵ قرار گرفت. ارلن مایر توسط سه عدد لامپ فلورسنت سفید ۲۰ وات بافاصله ۱۵ سانتی‌متری و روشنایی ۳۵۰۰ لوکس به‌صورت روشنایی دائمی (۲۴ ساعته) در طی دوره ۱۴روزه نوردهی شد (Afshari et al. 2011). اندازه‌گیری نور توسط دستگاه لوکس‌متر (Pce-170A, England) صورت پذیرفت. محیط کشت آماده‌شده جهت اختلاط هر چه‌بهتر بر روی شیکر قرار گرفت، جهت جلوگیری از رسوب‌گذاری و به‌منظور شناورسازی میکروجلبک و همچنین ایجاد سطح تماس بیشتر با محیط کشت و دریافت مطلوب‌تر نور، هوادهی به محیط کشت به‌منظور انجام هر چه‌بهتر عمل اختلاط و جلوگیری از رسوب مواد مغذی و میکروجلبک‌ها با استفاده از پمپ‌های هوادهی و پمپ آکواریوم، در تمام طول دوره رشد، برای تمامی نمونه‌ها به‌طور یکسان و مداوم برقرار بود. به‌منظور تأمین کربن دی‌اکسید موردنیاز محیط کشت، از تزریق گاز کربن دی‌اکسید با دبی یک لیتر در روز (۲۴ ساعت) استفاده گردید. جهت جلوگیری از نفوذ مواد آلاینده و آلوده شدن محیط کشت و همچنین پیشگیری از تبخیر محیط کشت، ارلن مایر مورد استفاده با کمک فویل‌های آلومینیومی مسدود گردید. پس از فراهم شدن شرایط بهینه جهت کشت گونه میکروجلبک، دوره ۱۴روزه جهت تکمیل فرآیند رشد میکروجلبک در نظر گرفته شد (Afshari et al. 2011). پس از پایان دوره ۱۴ روزه رشد میکروجلبک *کلرلا ولگاریس* در محیط کشت، میکروجلبک مذکور رشد کرده و زیست‌توده موردنیاز جهت انتقال به محیط فاضلاب توسط میکروجلبک تولید گردید.

۲-۴- تهیه‌ی فاضلاب سنتزی

جهت ساختن فاضلاب سنتزی در آزمایشگاه مواد شیمیایی بر اساس جدول (۲) در یک لیتر آب معمولی حل‌شده و فاضلاب سنتزی تهیه گردید. ترکیب فاضلاب سنتزی ساخته‌شده در آزمایشگاه شامل موارد ذکرشده در جدول (۲) برحسب گرم در لیتر انجام شد (Amini et al. 2014). تمامی مواد شیمیایی استفاده‌شده در تهیه فاضلاب سنتزی دارای خلوص بالا و از محصولات شرکت مرک آلمان تهیه شد.

جدول ۲- ترکیبات فاضلاب سنتزی (Amini et al. 2014)

میزان (g/l)	نوع ماده
۱	ساکارز
۰/۹۵	کلرید آمونیوم
۰/۰۸	پتاسیم دی هیدروژن فسفات
۰/۲	سولفات منیزیم
۰/۰۱	سولفات آهن
۰/۲	کلرید کلسیم
۰/۰۷۳	کربنات سدیم
۰/۰۰۵	کربنات کلسیم
۰/۲	کلرید سدیم

پس از پایان دوره کشت جهت انجام عملیات تصفیه فاضلاب به کمک میکروجلبک کلرلاولگاریس، میکروجلبک درون فتوبیورآکتور (دوره ۱۴ روزه) قرار داده شدند. جهت تهیه فاضلاب سنتزی در آزمایشگاه و اندازه‌گیری پارامترهای اولیه فاضلاب، نمونه‌های فاضلاب سنتزی درون بطری‌های شیشه‌ای پیرکس ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و بر اساس دما و غلظت‌های متغیر، حجم موردنیاز از توده جلبکی به فاضلاب افزوده شد. با فراهم آوردن شرایط بهینه جهت رشد میکروجلبک‌ها در فاضلاب جهت انجام هر چه‌بهتر عملیات تصفیه، در زمان‌های ماند معین پارامترهای موردنیاز اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. در پایان چگونگی انجام عملیات تصفیه بر اساس متغیرهای اعمال‌شده مشخص گردید. پس از پایان عملیات تصفیه روند کلی تغییرات مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در طول انجام عملیات تصفیه فاضلاب به کمک میکروجلبک‌ها تمامی شرایط بهینه رشد میکروجلبک‌ها مانند نوردهی، انجام عمل اختلاط، هوادهی، تزریق گاز دی‌اکسید کربن و همچنین تأمین دمای بهینه با استفاده از وسایل مربوطه ازجمله لامپ‌های فلورسنت، گرمخانه شیکردار، کپسول دی‌اکسید کربن و پمپ‌های هوادهی در سیستم به‌طور مداوم و پیوسته انجام می‌گرفت.

۲-۵- تغییرات دمایی

جهت بررسی تغییرات دمایی و تأثیر آن بر روند تصفیه فاضلاب با استفاده از میکروجلبک‌ها و همچنین بر اساس دمای بهینه رشد میکروجلبک‌ها (Esmaeili Sari 2000)، چهار سطح دمایی ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۵۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شدند. در زمان اعمال تغییرات دمایی، سایر شرایط حاکم بر آزمایش به نحوی بود که برای تمامی نمونه‌ها غلظت میکروجلبک‌ها در محیط فاضلاب ۱۰ درصد و pH فاضلاب نیز حدود ۷ (خنثی) در نظر گرفته‌شده بود. جهت اعمال تغییرات دمایی از گرمخانه شیکردار که قابلیت تنظیم دما را دارد استفاده گردید. با توجه به تأمین سایر شرایط بهینه جهت رشد میکروجلبک‌ها، پارامترهای موردنظر در زمان‌های ماند ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شدند.

۲-۶- تغییرات غلظت زیست‌توده

تغییرات غلظت زیست‌توده میکروجلبک به‌عنوان یکی دیگر از فاکتورهای اصلی مورد آزمایش، خود دارای سه سطح می‌باشد. جهت بررسی تأثیر تغییرات غلظت زیست‌توده میکروجلبک‌ها بر عملکرد آن‌ها در راندمان تصفیه فاضلاب و بر اساس غلظت بهینه ۲۰ درصد (Karbasi et al. 2015)، سه غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی میکروجلبک در محیط فاضلاب در نظر گرفته شد. غلظت‌های موردنظر بر اساس فرمول غلظت درصد حجمی- حجمی (رابطه ۱) محاسبه گردید (Nejadali 2005).

$$\text{درصد حجمی-حجمی}\left(\frac{V}{V}\right)\% = \frac{\text{حجم گونه حل شونده}}{\text{حجم محلول}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

در این مرحله با فراهم بودن سایر شرایط بهینه جهت رشد میکروجلبک‌ها و در دمای ثابت ۳۵ درجه سانتی‌گراد و pH فاضلاب حدود ۷ (خنثی) برای تمامی نمونه‌ها، غلظت‌های مختلف زیست‌توده میکروجلبک از محیط کشت برداشته‌شده و به محیط فاضلاب افزوده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها بر اساس زمان‌های ماند ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از کشت میکروجلبک‌ها در محیط فاضلاب و بر اساس سایر فاکتورها و شرایط آزمایش انجام گرفت.

۲-۷- آنالیزهای آماری

آنالیزهای آماری به‌وسیله‌ی نرم‌افزار SPSS (Version 22) و در سطح خطای ۰/۰۵ انجام شد. نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون Kolmorov-Smirnov موردبررسی قرار گرفت. از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way-ANOVA) جهت مقایسه بین تیمارها استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن، جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید. داده‌های به‌دست‌آمده و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در نرم‌افزار Excel بررسی و نمودارهای مرتبط ترسیم گردیدند.

۳-یافته‌ها و بحث

۳-۱-تغییرات دما

نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد حذف BOD به‌وسیله‌ی میکروجلبک کلرلاولگاریس در شرایط متفاوت دمایی در جدول (۳)آورده شده است.

جدول ۳- خلاصه نتایج آماری حاصل از اندازه‌گیری میزان حذف BOD توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس بر اساس تغییرات دمایی (N =۲۸)

گونه میکروجلبک	دما	تعداد تکرار	میانگین حذف BOD ± انحراف معیار (درصد)
کلرلا ولگاریس	۱۵	۷	۲۶±۳/۵۱
	۲۵	۷	۴۹±۳/۸۷
	۳۵	۷	۶۱±۳/۰۵
	۵۰	۷	۱۲±۳/۰۵

تغییرات دمایی مذکور در غلظت ۱۰ درصدی توده زیستی و در pH خنثی اعمال گردیدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۳) بهترین عملکرد تصفیه فاضلاب در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین راندمان حذف نیز در دمای ۵۰ $^{\circ}C$ می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بیانگر این موضوع است که بین میزان دما و مقادیر حذف BOD ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۰/۰۰۰ = P-value). از آزمون دانکن برای مشخص شدن اختلاف بین دماها و گونه‌های مختلف استفاده شد و نتایج در جدول (۴) نشان داده شده است. میزان حذف BOD با افزایش میزان دما تا ۳۵ $^{\circ}C$ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). همان‌طوری که در جدول (۴) مشاهده می‌گردد، در دمای ۳۵ $^{\circ}C$ بالاترین میزان حذف BOD با میانگین ۶۱ درصد و در دمای ۵۰ $^{\circ}C$ کمترین میزان حذف BOD با میانگین ۱۲ درصد مشاهده گردید.

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین حذف BOD در دماهای مختلف

دما ($^{\circ}C$)	تعداد	حالت‌های مختلف			
		a	B	C	d
۵۰	۷	۱۲/۰۰			
۱۵	۷		۲۶/۰۰		
۲۵	۷			۴۹/۰۰	
۳۵	۷				۶۱/۰۰
Sig.		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

جدول (۴) نشان می‌دهد که بین مقادیر مختلف درصد حذف BOD توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس در دماهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود ($P<۰/۰۵$). به‌نحوی‌که در دمای ۳۵ $^{\circ}C$ بالاترین راندمان حذف و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌ترین راندمان حذف به‌دست آمد.

دمای بهینه برای رشد میکروجلبک‌ها بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سلسیوس می‌باشد و ممکن است با تغییر گونه و نژاد عوض شود. دمای اکثر محیط‌های کشت بین ۱۶ تا ۲۷ درجه سلسیوس متغیر است. دمای پایین‌تر از ۱۶ $^{\circ}C$ باعث کاهش رشد و بالاتر از ۳۵ $^{\circ}C$

موجب مرگ گونه‌های متنوع می‌گردد (Soeder 1981) . به‌طورکلی با افزایش میزان دما تا ˚C ۳۵، روند افزایش میانگین حذف BOD توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس مشاهده شد. همان‌طوری که ملاحظه می‌گردد با افزایش میزان دما راندمان حذف BOD نیز افزایش یافت. افزایش مشاهده‌شده ناشی از افزایش فعالیت میکروجلبک‌ها در دماهای بالاتر و افزایش سرعت درروند تصفیه فاضلاب می‌باشد. افزایش دما تا میزان ˚C ۳۵ باعث ایجاد واکنش شدیدتر شده و سرعت حذف BOD را افزایش می‌دهد. داده‌های مربوط به تغییرات دما، رابطه مستقیم میزان کاهش BOD با افزایش دما را نشان می‌دهد. افزایش دما تا ˚C ۳۵ سرعت حذف BOD را افزایش می‌دهد. بیشترین راندمان حذف BOD در دمای ˚C ۳۵ صورت گرفت و در دماهای بالاتر از آن (˚C ۵۰) میزان حذف BOD به نحو چشم‌گیری کاهش می‌یابد. گرچه با افزایش میزان دما، سرعت تصفیه فاضلاب افزایش معناداری داشته است، اما با افزایش دما بیشتر از ˚C ۳۵ به علت متوقف شدن رشد میکروجلبک‌ها و مرگ‌ومیر سلول‌های میکروجلبکی سرعت انجام عملیات تصفیه به‌شدت کاهش‌یافته و متوقف می‌گردد. بین میزان افزایش دما و سرعت تصفیه فاضلاب به لحاظ آماری ارتباط معنی‌داری مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). این تفاوت معنی‌دار ممکن است وابسته به متابولیسم و میزان فعالیت میکروجلبک‌ها باشد. همچنین میزان دما تأثیر زیادی بر روی سرعت رشد میکروجلبک‌ها دارد، با افزایش دما تا آستانه تحمل میکروجلبک‌ها سرعت عملیات تصفیه نیز افزایش پیدا کرد. کیفیت تصفیه فاضلاب توسط میکروجلبک‌ها در دماهای پایین کاهش می‌یابد (Faramarzi et al. 2010) به‌نحوی‌که در دماهای پایین‌تر نیز سرعت انجام عملیات تصفیه بسیار پایین بود. هرچند با تغییرات دما سرعت تصفیه فاضلاب تحت تأثیر قرار می‌گرفت. Munoz et al (2004) مشاهده کردند که با افزایش دما از ۲۵ به ۳۰ درجه سلسیوس در یک سیستم حاوی میکروجلبک کلرلاسوروکی‌نیا و باکتری رالستونیا باسیلنسیس کیفیت تصفیه فاضلاب به میزان دو برابر افزایش می‌یابد که نتایج پژوهش حاضر با نتایج این محققین همخوانی دارد.(2014) Valizadeh et al به این نتیجه رسیدند که با افزایش دما و تأمین دمای بهینه رشد میکروجلبک‌ها، راندمان حذف مواد آلاینده افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. به‌طورکلی میکروجلبک‌ها در دماهای بالا غیرفعال شده و رسوب‌کرده و در کف محیط فاضلاب تجمع می‌یابند. درنتیجه سرعت عملیات تصفیه به‌شدت کاهش‌یافته و متوقف خواهد شد و در دماهای پایین نیز به دلیل فراهم نشدن شرایط بهینه رشد راندمان پایین‌تری را نشان دادند.

۳-۲-تغییرات غلظت زیست‌توده

نتایج حاصل از اندازه‌گیری درصد حذف BOD توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس در غلظت‌های متفاوت زیست‌توده، به شرح جدول (۵) می‌باشد. تغییرات غلظت زیست‌توده در دمای ˚C ۳۵ و در pH خنثی موردبررسی قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بیانگر این موضوع بود که بین غلظت زیست‌توده و مقادیر حذف BOD ارتباط معنی‌داری وجود دارد (۰/۰۰۰ = P-value). بنابراین از آزمون دانکن با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای مشخص شدن اختلاف بین غلظت‌ها و گونه‌های مختلف استفاده شد.

جدول ۵- خلاصه نتایج آماری حاصل از اندازه‌گیری میزان حذف BOD در گونه میکروجلبک کلرلاولگاریس بر اساس تغییرات غلظت زیست‌توده ($N = ۲۱$)

گونه میکروجلبک	غلظت زیست‌توده میکروجلبک	تعداد	میانگین حذف BOD ± انحراف معیار (درصد)
کلرلا ولگاریس	۱۰ درصد	۷	۶۱±۳/۰۵
	۲۰ درصد	۷	۷۲±۴/۵۴
	۳۰ درصد	۷	۸۲±۳/۸۲

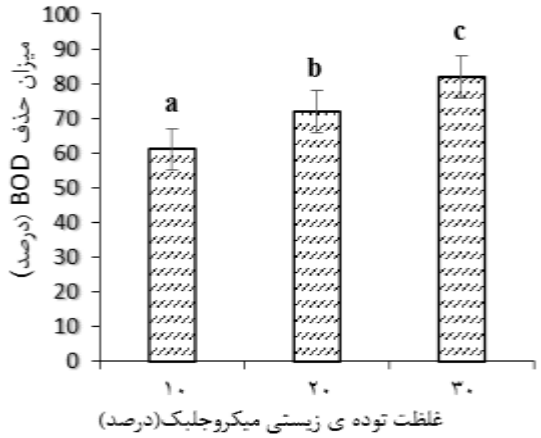
میانگین حذف BOD با افزایش میزان غلظت زیست‌توده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). بر اساس جدول (۵) راندمان حذف BOD با افزایش غلظت توده زیستی افزایش‌یافته و در غلظت ۳۰ درصدی زیست‌توده به بیشترین میزان خود (۸۲ درصد) رسید. راندمان حذف BOD توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس در تمامی نمونه‌های مورد آزمایش با افزایش غلظت زیست‌توده

به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که بیشترین میزان حذف BOD مربوط به غلظت ۳۰ درصد زیست‌توده و کمترین آن مربوط به غلظت ۱۰ درصد زیست‌توده میکروجلبک بود (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین حذف BOD در غلظت‌های مختلف

غلظت زیست‌توده (درصد)	تعداد	حالت‌های مختلف		
		a	B	C
۱۰	۷	۶۱/۰۰		
۲۰	۷		۷۲/۰۰	
۳۰	۷			۸۲/۰۰
Sig.		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰

بین مقادیر مختلف درصد حذف BOD به‌وسیله‌ی میکروجلبک کلرلاولگاریس در غلظت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دانکن که در شکل (۲) نشان داده شده است، در غلظت‌های مختلف اختلاف معناداری مشاهده شد.



شکل ۲- مقایسه میانگین حذف BOD توسط گونه کلرلا ولگاریس در غلظت‌های مختلف بر اساس آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد، (حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار)

غلظت توده زیستی میکروجلبک‌ها که در تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود نمایانگر کیفیت مصرف نور است. غلظت زیست‌توده میکروجلبک‌ها، کنترل‌کننده میزان اکسیژن تولیدی و سرعت حذف مواد آلاینده خواهد بود (Faramarzi et al. 2010). هرگاه غلظت توده زیستی در حد بهینه افزایش یابد سرعت تصفیه فاضلاب نیز افزایش خواهد یافت و هرگاه غلظت توده زیستی میکروجلبک‌ها به حد بحرانی برسد تمامی نور فراهم‌شده برای سیستم، جهت فروغ‌آمایی مصرف می‌گردد و سرعت تولید اکسیژن به حداکثر می‌رسد. افزایش غلظت توده زیستی در حد معمول باعث افزایش راندمان تصفیه فاضلاب می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام‌شده نشان داد که غلظت توده زیستی میکروجلبک‌ها راندمان حذف را تحت تأثیر قرار داده است. بر این اساس راندمان حذف BOD با افزایش غلظت توده زیستی میکروجلبک افزایش‌یافته است که این نتایج با نتایج پژوهش‌های قبلی مطابقت دارد. Munoz et al. (2004) نشان دادند که با افزایش غلظت توده زیستی در یک فتوبیورآکتور از ۰/۴ به ۰/۶ گرم در لیتر، حذف سالیسیلات‌ها به مقدار ۲۴ درصد افزایش‌یافته است. Afshari et al. (2011) با بررسی اثرات پالایشی میکروجلبک تتراسلمیس سواسیکا نشان دادند که در تراکم‌های بالاتر میکروجلبک، میزان حذف ازت و فسفر فاضلاب افزایش‌یافته و نتایج رضایت‌بخش‌تری را نشان می‌داد که با نتایج این پژوهش همخوانی و مطابقت دارد. تراکم سلولی در میزان تصفیه فاضلاب به کمک میکروجلبک

تأثیرگذار است، چنان‌که در تراکم‌های متوسط و بالا درصد حذف بیشتری به دست آمد و افزایش معنی‌داری در میزان حذف BOD، هم‌زمان با افزایش غلظت توده زیستی میکروجلبک مشاهده گردید. افزایش راندمان تصفیه فاضلاب توسط میکروجلبک کلرلاولگاریس در غلظت‌های بالا به دلیل مصرف گسترده مواد مغذی و مواد آلی موجود در فاضلاب توسط میکروجلبک می‌باشد. افزایش فعالیت تصفیه فاضلاب همان‌طوری که در مطالعه حاضر مشاهده شد، ناشی از مصرف مواد آلی نیتروژن و فسفر توسط میکروجلبک‌ها در حجم وسیعی می‌باشد که سرعت حذف BOD فاضلاب را تحت تأثیر قرار داده و موجب افزایش سرعت تصفیه فاضلاب می‌گردد. میزان غلظت توده زیستی میکروجلبک می‌تواند یک شاخص مهم و اساسی در عملیات تصفیه فاضلاب توسط میکروجلبک‌ها باشد و با افزایش میزان توده زیستی سرعت و راندمان تصفیه فاضلاب نیز به شکل معناداری افزایش می‌یابد.

۴-نتیجه‌گیری

میکروجلبک کلرلاولگاریس می‌تواند برای مقاصد مختلفی ازجمله کاهش BOD و حذف نیتروژن و فسفر موجود در فاضلاب مورداستفاده قرار بگیرد. مقادیر بالای نیتروژن و فسفر در فاضلاب‌های انسانی این امکان را می‌دهد که به‌عنوان یک منبع غذایی ارزان برای تولید توده زیستی این میکروجلبک مورداستفاده قرار گیرند. این توده‌های میکروجلبکی می‌توانند برای تولید سوخت زیستی، تولید کمپوست، به‌عنوان غذای انسان، غذای حیوانات و آبزیان، در صنایع آرایشی و بهداشتی، داروسازی، مواد شوینده، ترکیبات رنگی و به‌عنوان افزودنی‌های غذایی مورداستفاده قرار گیرند.

۱- فاضلاب به دلیل دارا بودن مواد مغذی پتانسیل مناسبی برای رشد میکروجلبک‌ها دارد. عواملی مانند شرایط بهینه دما و غلظت زیست‌توده، رشد میکروجلبک‌ها را محیط فاضلاب تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۲- میکروجلبک کلرلاولگاریس توانایی حذف مواد آلی از فاضلاب را داشته و در تصفیه فاضلاب قابلیت زیادی دارد. جهت بالا بردن راندمان تصفیه فاضلاب با استفاده از میکروجلبک‌ها می‌توان با تنظیم دما، غلظت زیست‌توده و سایر شرایط، سرعت عملیات تصفیه توسط میکروجلبک‌ها را افزایش داد.

۳- میکروجلبک کلرلاولگاریس قابلیت زیادی در تصفیه فاضلاب انسانی داشته و با توجه به کاربردی بودن این روش، امکان به‌کارگیری روش کشت هیبرید میکروجلبک‌ها در سیستم تصفیه‌خانه‌های شهری در مقیاس واقعی به‌عنوان یک روش دوستدار محیط‌زیست وجود دارد.

۴- تصفیه فاضلاب بر مبنای میکروجلبک‌ها علاوه بر انجام موفق عملیات تصفیه، باعث تولید توده زیستی میکروجلبک جهت استفاده به‌عنوان سوخت زیستی و تولید سایر محصولات بیولوژیکی سودمند خواهد شد.

مهم‌ترین محدودیت در استفاده از میکروجلبک‌ها به‌منظور تصفیه فاضلاب، حساسیت بالای آن‌ها در برابر ترکیبات سمی، بیماری‌زا و برخی باکتری‌هاست. چگونگی جداسازی میکروجلبک‌ها از فاضلاب در انتهای روند تصفیه نیز به‌عنوان یک چالش مطرح می‌باشد. لذا می‌توان با گسترش تحقیقات علمی و پژوهشی در این زمینه جهت عملیاتی کردن این روش در تصفیه‌خانه‌های شهری و صنعتی گام‌های مؤثری برداشت.

References

Afshari A., Yahyavi M., Sajadi M. M., Shakib H. A. and Abdolalyan, A. (2011). Evaluating the ability of *Tetraselmis suecica* microalgae in treatment of municipal secondary wastewater. J. Aquacul. Fish. 2(8), 1-8. [In Persian].

Amini M., Younesi H., Najafpour G., Zinatizadeh Lorestani A.A., Anbia M. and Ziaei Modbooni M. A. (2014). Treatment of Synthetic Wastewater by Aerobic-anaerobic Bioreactor with Granular Sludge Developed for Removal of Nutrients. J. Water Wastewater, 25(2), 58-67 [In Persian].

Esmaeili Sari A. (2000). Bacteria, algae, fungi and invertebrates, freshwater. Iranian Fish. Res. Inst. Pub. [In Persian]

Faramarzi M. A., Forovtanfar H. and Shakibaei M. (2010). Microalgae Biotechnology. Tehran University Press, 352 pages. [In Persian].

Grobbellar J. U. (2006). Algal nutrition. In: Richmond A (Ed.) Handbook of microalga culture: biotechnology and applied phycology. 3rd Ed. Blackwell Publishing Company. Oxford.

Karbasi A., Amin Zadeh B., Lotfi Katooli S., Ghaemi A. (2015). The removal of nitrogen and phosphorus from urban wastewater by microalgae. Seventh National Conference and Exhibition of Environmental Engineering, Tehran [In Persian].

Kianmehr H. (2009). The biology of algae. 1st Ed. Ferdowsi University of Mashhad [In Persian].

Mohammadi Sarvestani M., Gheshlaghi R. and Akhavan Mahdavi M. (2012). The growth of native microalgae in the wastewater treatment plant in synthetic medium BG11. The Fourteenth National Congress of Chemical Engineering, Sharif University in Tehran. [In Persian].

Monzavi M. T. (2009). Municipal Wastewater (Volume 2) Wastewater Treatment. 8th Ed. University of Tehran Pub., Tehran [In Persian].

Munoz P. and Guieysse B. (2006). Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants. a review. Water Res., 40, 2799-2815.

Munoz R., Kollner C., Guieysse B. and Mattiasson B. (2004). Photo synthetically oxygenated salicylate biodegradation in a continuous stirred tank photo bioreactor. Biotech. Bioeng., 87, 797-803.

Nejadali A. (2005). Analytical Chemistry. Tarjoman Kherad Pub., Tehran, page 261 [In Persian].

Olguin E. J. (2003). Phytoremediation. key issues for cost-effective nutrient removal processes. Biotech. Adv., 22, 81-91.

Rawat I. Kumar R.R., Mutanda T. and Bux F. (2011). Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. Appl. Energy, 88(10), 3411-3424.

Rezvani S. S., Vahabzadeh F. and Fazel S. H. (2014). Biological removal of phenol by Chlorella vulgaris. The fifth national conference on water, wastewater and solid waste. Tehran [In Persian].

Riahi H. (2008). Algae Studies. University of Al-Zahra. Tehran [In Persian].

Soeder C. J. (1981). Chemical composition of microalgal biomass as compared to some other types of single-cell protein (SCP). 73-85 in J.U. Grobelaar, Soeder C.J. and Toerien D.T. Eds. Wastewater for Aquaculture. Proceedings of a Workshop on Biological Production Systems and Waste Treatment. University of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa.

Tarik Z. (2008). Microalgae Grown in Photo bioreactor for Mass Production of Biodiesel. Rutger university press. U.S.A.

Tchobanogolous G., Burton F.L. and Stensel H.D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy (Ed.). McGraw-Hill Science/Engineering/Math. Third Edition.

Valizadeh K. and Tahmasebi H. (2014). Dairy effluent treatment using microalgae in the micro reactor. the third national conference on innovative technologies in chemistry and chemical engineering. Ghoochan [In Persian].

Biological Treatment of Domestic Wastewater using *Chlorella vulgaris* Microalgae at Laboratory Scale

Mousa Abbasi Biregani[*1], Reza Alizadeh[2], Sattar Tahmasebi Enferadi[3] and Sattar Soltanian[4]

[1] M.Sc., Department of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan, Iran
[2] Assist. Professor, Department of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan, Iran
[3] Assist. Professor, Department of Energy Biotechnology and Environment, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran
[4] Lecturer, Department of Environment, Faculty of Environment and Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Khuzestan, Iran

***Corresponding author:** abbasi.mousa@yahoo.com.

Received: November 9, 2016 Accepted**:** February 8, 2017

Abstract

It is highly emphasis on the wastewater treatment because of its high potential in contaminating the food and water. One of the most effective biological methods in wastewater treatment is usage of plants. A group of the plants, which has attracted the researchers' attention is the microalgae. Microalgae consume the nutritious materials with the help of the sun light, turn these materials into useful biomass and secure the wastewater resources from contamination. In this study, the *Chlorella Vulgaris* microalgae performance was assessed in purifying municipal wastewater. First, the microalgae were grown inside a photobioreactor and later the biomass of microalgae was cultivated under varying conditions in the wastewater medium in order to examine their performance. During the period of growing microalgae in the wastewater, BOD of wastewater was determined in different conditions at various retention times using BOD meter. The best condition for the *Chlorella Vulgaris* microalgae growth was determined at 35 ˚C and biomass concentration of 30%. The results showed that under the optimal growth condition and after 72 hours of retention time, *Chlorella Vulgaris* was capable to remove 82% of the wastewater BOD. The results asserted *Chlorella Vulgaris* microalgae capability in decreasing wastewater BOD and its applicability in wastewater treatment.

Keywords: *Chlorella vulgaris*; Wastewater Treatment; Photobioreactor; Retention Time.