J TOLOO E BEHDASHT, School of Public Health, Yazd Shahid Sadoughi Univ Med Sci

ORIGINAL ARTICLE
Received:2018/12/10 *Accepted:2019/02/14*

Advanced Treatment of Meat Processing Wastewaters Using Microalgae

Soroosh Danaee (Ph.D.)[1], Seyed Mohammad Heydarian (Ph.D.)[2], Hamideh Ofoghi (Ph.D.)[3], Abbas Farazmand (Ph.D.)[4]

1.PhD Student of Chemical Engineering, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.
2.Associate Professor, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.
3.Corresponding Author: Associate Professor, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology,Tehran, Iran. Email:ofoghi@irost.ir Tel: 09121488699
4.Assistant Professor, Biotechnology Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

Abstract

Introduction: Effluents of Meat processing are one of the untreated wastewaters containing high volumes of polluted components even after the primary and secondary treatments. The high cost of using the advanced treatment methods of the wastewaters has led the industry owners to release them in the nature without effective removal of nitrogen and phosphorus. In this study, an economic advanced method was presented for the first time for the treatment of meat processing effluents by producing valuable biomass.
Methods: The recovery of wastewater components was studied for the growth of two profitable strains of Chlorella and Scenedesmus in three variations: real wastewater, normalized wastewater, and normalized wastewater with trace elements. The concentration of nitrate, ammonia, and phosphate was analyzed during the growth period.
Results: Experimental data showed that normalized wastewater increased biological removal up to %78 in Scenedesmus and 64% in Chlorella. In addition, normalized wastewater containing trace elements increased biological removal up to %93 in Scenedesmus and 95% in Chlorella. The addition of phosphates reduced pH fluctuations and worked as a buffer.
Conclusion: The meat wastewaters processing can provide a rich culture medium for cultivation of microalgae. The results of this research can present a novel promising and economic alternative way to remove nutrient pollutions in meat wastewaters processing.

Keywords: Meat Processing Wastewater, Microalgae, Advanced treatment, Removal of pollutions.
Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

This Paper Should be Cited as:
Author : Soroosh Danaee, Seyed Mohammad Heydarian, Hamideh Ofoghi, Abbas Farazmand. Evaluation of Advanced Wastewater Treatment of Meat Processing Industry Using Microalgae.……Tolooebehdasht Journal.2019;18(2):23-36.[Persian]

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی
دانشکده بهداشت یزد
سال هیجدهم
شماره دوم
خرداد و تیر ۱۳۹۸
شماره مسلسل: ۷۴

تاریخ وصول:۱۳۹۷/۰۹/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۵

ارزیابی تصفیه تکمیلی پساب صنایع فراوری گوشت با استفاده از کشت ریزجلبک

نویسندگان:سروش دانایی[۱]، سیدمحمد حیدریان[۲]، حمیده افقی[۳]، عباس فرازمند[۴]

۱.دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

۲. دانشیار پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

۳.نویسنده مسئول: دانشیار پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

تلفن تماس: ۰۹۱۲۱۴۸۸۶۹۹ Email:ofoghi@irost.ir

۴. استادیار پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

چکیده

مقدمه: یکی از پساب‌هایی که پس از طی فرآیندهای تصفیه اولیه و ثانویه، هم چنان حاوی درصدهای زیادی از آلوده کننده ها است، پساب صنایع فرآوری گوشت می‌باشد. هزینه زیاد سیستم های تصفیه تکمیلی، سبب شده است که این نوع پساب ها بدون حذف آلاینده های نیتروژن دار و فسفر دار به محیط زیست وارد شوند. در این مقاله، راهکاری اقتصادی به‌منظور تصفیه تکمیلی پساب صنایع فرآوری گوشت همراه با تولید زیست‌توده باارزش ارائه شده است.

روش بررسی: این مطالعه از نوع کاربردی است. دو گونه ریزجلبک کلرلا و سندسموس در سه محیط پساب سنتزی واقعی، پساب نرمال شده و پساب نرمال شده حاوی ترکیبات ریزمغذی، کشت و حذف زیستی ترکیبات پساب بررسی شد. غلظت نیترات، آمونیاک و فسفات موجود در پساب در طول مدت کشت آنالیز شد. از بافرهای فسفات نیز برای کاهش نوسانات pH استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد افزایش فسفات در پساب، موجب افزایش حذف زیستی بیشینه ۷۸٪ در سندسموس و ۶۴٪ در کلرلا شد. این در حالی است که افزودن محلول ریزمغذی منجر به حذف زیستی بیشینه ۹۳٪ در سندسموس و ۹۵٪ در کلرلا شد.

نتیجه گیری: پساب صنایع فراوری گوشت می‌تواند محیطی مناسبی برای رشد ریزجلبک فراهم نماید. نتایج این تحقیق می تواند نویدبخش راهکاری جدید و اقتصادی به‌منظور حذف کامل ترکیبات آلاینده نیتروژن دار و فسفر دار موجود در پساب‌های فرآوری گوشت باشد.

واژه های کلیدی: پساب فراوری گوشت، ریزجلبک، تصفیه تکمیلی، آلاینده نیتروژن دار.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

مقدمه

برخی از پساب ها، پس از طی فرآیندهای تصفیه اولیه و ثانویه، همچنان حاوی درصدهای زیادی از آلوده کننده ها هستند که ممکن است موجب پدیده ی غنی شدن (Eutrophication) شوند و حیات انسان ها و موجودات زنده درون آب های سطحی را به خطر بیندازند (۱). پساب صنایع فرآوری گوشت از جمله این پساب ها می‌باشد که به دلیل استفاده بیش از اندازه از ترکیبات نیتروژن دار در طول فرآیند تولید، سطح آلایندگی بیشتر از استاندارد دارد (۲). فرآیندهای تصفیه تکمیلی، برای حذف این ترکیبات از پساب، توسعه یافتند. این فرآیندها عموما شامل فیلتراسیون، استفاده از تالاب مصنوعی (Constructed wetland)، حذف مواد مغذی، اسمز معکوس و گندزدایی می‌شود. روش‌های مختلفی نظیر رسوب دهی برای حذف مواد مغذی وجود دارد اما روش تصفیه بیولوژیکی به دلیل راندمان بالا و هزینه کم، امروزه یکی از مهم ترین بخش‌های تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی می‌باشد. به‌منظور حذف ترکیبات نیتروژن دار، از فرآیندهای نیتریفیکاسیون اوتوتروفیک و دنیتریفیکاسیون هتروتروفیک به‌طور گسترده ای استفاده می‌شود (۳،۴). نیتروژن موجود در پساب توسط دو فرآیند فوق به شکل گاز نیتروژن به جو وارد می‌شود. از جمله معایب فرآیند دنیتریفیکاسیون، دو محصول واسطه‌ای سمی N_2O و NO است که به‌صورت گاز منتشر می گردند. همچنین، دو فرآیند فوق باید به‌صورت جدا از هم انجام گیرند زیرا فرآیند اول توسط باکتری‌های اتوتروف تحت شرایط هوازی و دنیتریفیکاسیون باید در محیط عاری از اکسیژن انجام شود. درکنار مصرف حجم زیادی از اکسیژن در طی فرآیندهای فوق و نیاز به کربن آلی، هزینه و انرژی سیستم تصفیه نیز افزایش خواهد یافت (۴).

احیاء بیولوژیکی فسفر نیز از طریق باکتری‌های ذخیره کننده فسفر (PAOs) که قادرند مقادیر بالای فسفر را درون سلول‌های خود ذخیره کنند صورت می‌گیرد(۳،۵). هرچند این فرآیند در حذف فسفر موثر است اما در عمل بازده حذف فسفر متغیر و ناپایدار است و در نهایت لجن غنی از فسفر برجای می گذارد که دفع آن، معضل جدیدی به شمار می آید (۴).

استفاده از ریزجلبک‌ها برای تصفیه پساب‌های شهری و صنعتی تاکنون موضوع مطالعات بسیاری از محققین قرارگرفته‌است. کاربرد ریزجلبک در تصفیه پساب براساس اصول اکوسیستم طبیعی بناشده، در نتیجه از نظر زیست محیطی مضر نیستند. همچنین ریزجلبک، قابلیت بازیافت مناسب مواد مغذی از پساب را دارد و در صورت بازمصرف توده زیستی تولیدی، هیچ گونه آلودگی ثانویه‌ای ایجاد نگردیده و ارزش افزوده زیادی نیز دارد(۶،۷). کشت جلبک در پساب علاوه بر جذب ترکیبات مغذی برای تولید بیومس و جذب فلزات سنگین با تولید اکسیژن ارزان قیمت که عامل ایجاد شرایط هوازی می‌باشد، همراه است. هم چنین بالا رفتن pH و غلظت اکسیژن در طول متابولیسم فتواتوتروفیک جلبک، عامل گندزدایی غیرمستقیم ویروس‌ها و باکتری‌ها است. بنابراین، این فرآیند می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای جایگزینی فرآیندهای متداول چند مرحله‌ای باشد (۴).

کشت ریزجلبک در پساب صنایع فراوری گوشت تنها یکبار به‌منظور تصفیه ثانویه مطالعه شده است (۸) اما تصفیه تکمیلی این نوع پساب، تاکنون بررسی نشده است. هدف پژوهش

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

حاضر، بررسی پارامترهای موثر در حذف آلاینده های پساب صنایع فرآوری گوشت همراه با تولید زیست‌توده باارزش است.

روش بررسی

این مطالعه از نوع کاربردی است. غلظت ترکیبات محیط کشت بر اساس پساب خروجی یک واحد صنعتی مستقر در تهران مدل سازی گردید. برای این منظور در سه دوره زمانی (تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۹۶) و هر بار دو نمونه از پساب خروجی این واحد نمونه برداری شد و توسط آزمایشگاه مرجع آب و فاضلاب استان تهران آنالیز شد. پساب سنتزی با ترکیب اجزای زیر ساخته شد و در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت (میلی گرم در لیتر): ۷۳/۹۳ منیزیم سولفات؛ ۲۱/۹۳۴ سدیم نیترات؛ ۳۲۱/۰۳۹ سدیم کربنات؛ ۲۶۲/۵ کلسیم کربنات؛ ۶۸/۳ آمونیوم کلراید؛ ۰/۳۴ پتاسیم دی هیدروژن فسفات؛ ۰/۲۲۶ دی پتاسیم هیدروژن فسفات. در ساخت پساب سنتزی از کربن آلی استفاده نشد تا رشد باکتری ها محدود شود (۹). تمامی نمک‌های مورد استفاده برای ساخت محیط کشت، با خلوص آزمایشگاهی از شرکت سیگما تهیه شدند.

آزمایش‌های کشت ریزجلبک در پساب با سه نمونه سنتزی انجام شدند. دسته اول با استفاده از اجزای پساب واقعی انجام شد ((Wastewater-Real(WR))، دسته دوم با افزایش سطح فسفات در پساب به‌منظور تغییر نسبت نیتروژن به فسفر (N/P) با نسبت Redfield (۱۰) صورت گرفت ((Wastewater-Normalized(WN). دسته سوم، با افزودن عناصر ریزمغذی (trace elements) موجود در محیط کشت BBM به پساب قبل انجام شد ((Wastewater-Real-Trace(WRT و(Wastewater- Normalized- Trace (WNT)) (۱۱). دو ریزجلبک Scenedesmus quadriqauda و Chlorella vulgaris از(۱۲،۱۳) به صورت کشت زنده تهیه شد و به‌منظور تهیه مایه تلقیح، در محیط کشت BBM، تحت دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، شدت نور ۲۰۰۰ لوکس، سرعت هم زدن ۱۲۰ دور بر دقیقه و دوره نوری ۱۶:۸ به مدت تقریبی ۱۰ روز کشت داده شد. سلول‌های رشد یافته، دو بار سانتریفوژ (دور ۶۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه)، شستشو و به مقدار ۱۰ درصد در پساب‌ها تلقیح شدند. برای هر آزمایش، سه تکرار در نظر گرفته شد.

بررسی عملکرد ریزجلبک‌ها در حذف پساب در طول مدت کشت، صورت گرفت. برای این منظور، غلظت آمونیوم، نیترات و فسفات به روش استاندارد آنالیز آب و پساب (به ترتیب استانداردهای 4500-NH_3 C، 4500-NO_3^- B، 4500-P D) اندازه گیری شد (۱۴). مقدار وزن زیست‌توده نهایی ریزجلبک به‌صورت خشک، پس از نمونه‌گیری و جداسازی زیست‌توده، در دمای ۶۰°C به مدت یک شبانه‌روز خشک و سپس توزین شد.

یافته‌ها

حذف زیستی پساب سنتزی با استفاده از ریزجلبک Scenedesmus quadriqauda

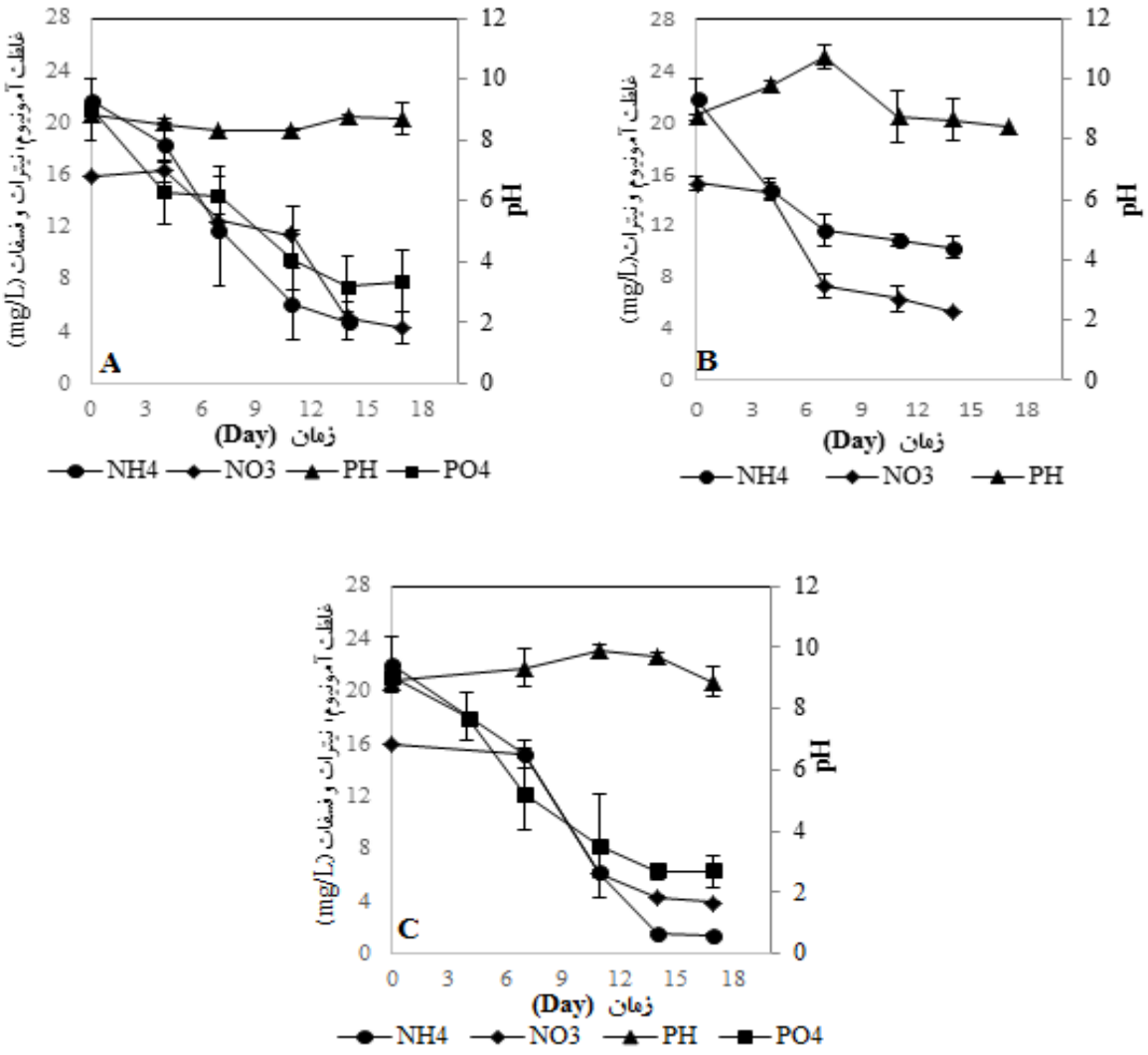
به‌منظور بررسی توانایی ریزجلبک S. quadriqauda در جذب آمونیوم، نیترات و فسفات موجود در پساب، این ریزجلبک به پساب سنتزی واحد فراوری گوشت تلقیح شد. نتایج حاصل از حذف ترکیبات انواع پساب در شکل ۱ ارائه شده است. با توجه به غلظت فسفات موجود در پساب واقعی که در محدوده آنالیز نبود، نمودار شکل ۱A تنها تغییرات سه متغیر آمونیوم، نیترات و pH طی ۱۷ روز کشت را ارائه می کند. پس از طی مدت

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

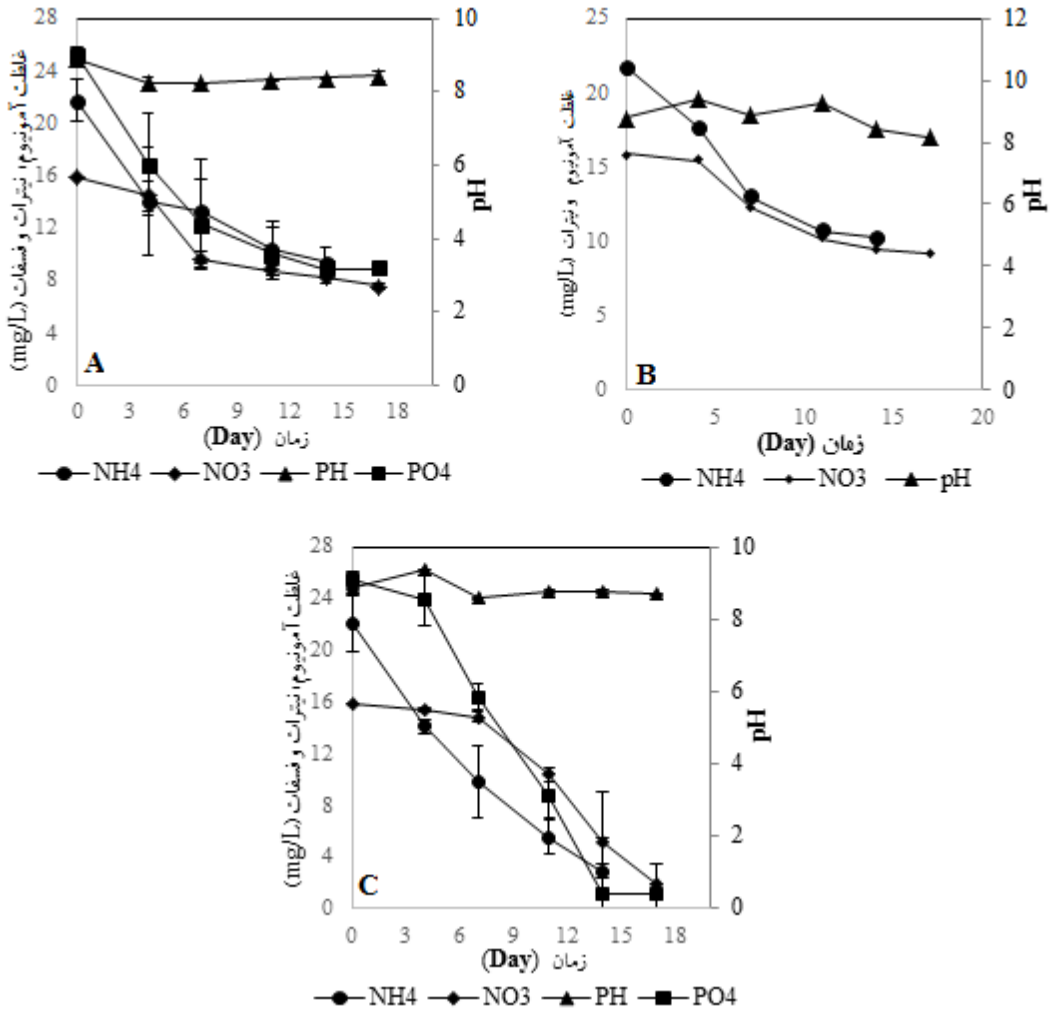
کشت، درصد حذف آمونیوم و نیترات به ترتیب ۵۳٪ و ۶۷٪ بدست آمد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، نوسان pH در طی فرایند زیاد است و در برخی از روزهای آزمایش، تا ۱۰/۷ افزایش‌یافته است.

به‌منظور افزایش حذف زیستی و به نسبت آن افزایش توده زیستی، نسبت N/P بهینه‌سازی گردید و با افزودن فسفات، این نسبت در پساب تا عدد ۱۶ غنی شد (WNS) که نتایج مثبت این تغییر در شکل ۱B نشان داده شده است. در این آزمایش، غلظت منابع نیتروژنی تغییری نداشته است اما غلظت فسفات تا ۹mg/L افزایش یافته است.



شکل ۱: تغییرات پارامترهای مختلف A) پساب واقعی (WRS)؛ B) پساب غنی شده (WNS) و C) پساب غنی شده همراه با ریزمغذی (WNTS)

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]
[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]



شکل ۲: روند تغییر پارامترها در طول کشت ریزجلبک کلرلا A) پساب واقعی (WRC)؛ B) پساب غنی شده (WNC) و C) پساب غنی شده همراه با ریزمغذی (WNTC)

شکل 1Cنشان‌دهنده‌ی نتایج کشت سندسموس در پساب سنتزی غنی‌شده است که محلول ریزمغذی نیز به آن افزوده شده است (WNTS). همان‌گونه که از نمودار مشخص است این تغییر تأثیر قابل توجهی در درصد و سرعت حذف زیستی داشته به طوری که درصد و سرعت حذف زیستی آمونیوم تا ۹۳٪ و ۱/۹mg/L.day، درصد و سرعت حذف زیستی نیترات تا ۷۶٪ و ۱/۱mg/L.day و درصد و سرعت حذف زیستی فسفات تا ۷۰٪ و ۰/۵۵mg/L.day افزایش نشان می دهد.

حذف زیستی پساب با استفاده از ریزجلبک Chlorella vulgaris

نتایج حاصل از حذف ترکیبات انواع پساب در شکل ۲ ارائه شده است. عملکرد سویه C. vulgaris در پساب سنتزی واقعی (WRC) در حذف آمونیوم، نیترات و نیز تغییر در pH در شکل 2A نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، درصد حذف آمونیوم و نیترات به ترتیب ۵۳٪ و ۴۲٪ بدست آمد. در ادامه، به منظور افزایش بازده تصفیه، نسبت N/P تا ۱۶ با افزودن فسفات

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

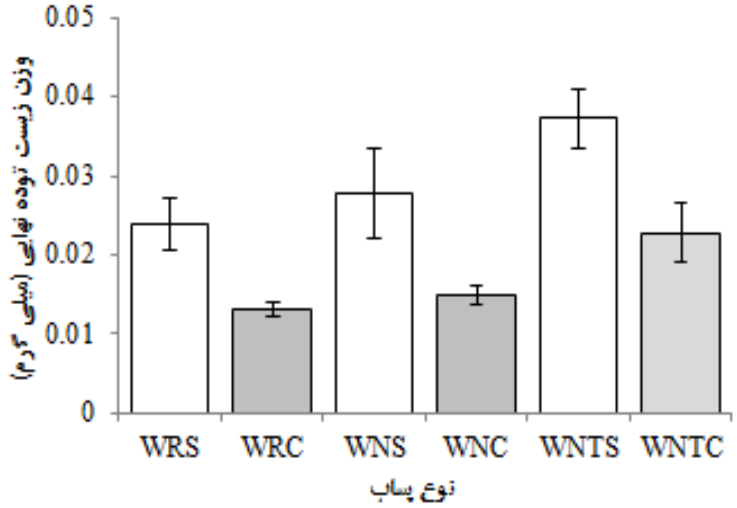
[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

کاهش یافت (WNC). با این تغییر در پساب، درصد حذف این سه ترکیب تا ۵۶٪، ۵۲٪ و ۶۴٪ افزایش را نشان داد که این تغییر در شکل 2B مشاهده می شود.

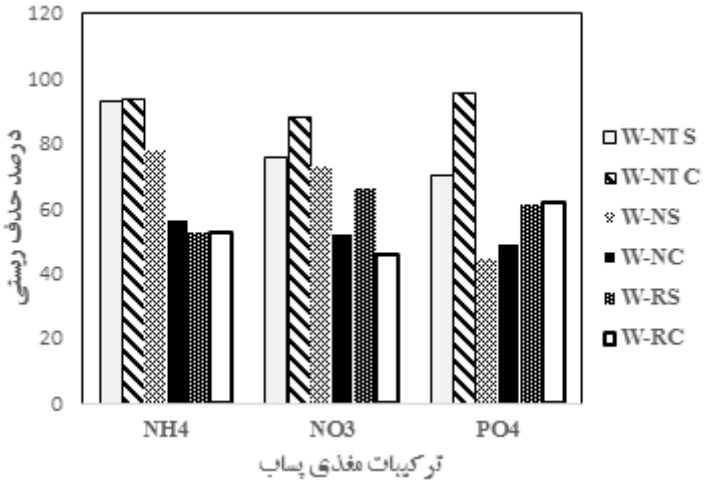
افزودن ریزمغذی در این ریزجلبک (WNTC)، باعث بهبود عملکرد تصفیه پساب و افزایش زیست‌توده بوده به طوری که در شکل 2C نشان داده شده است در مقایسه با دو آزمایش دیگر سرعت و میزان حذف زیستی هر سه ترکیب افزایش‌یافته و درصد حذف آمونیوم، نیترات و فسفات به ترتیب ۹۳٪، ۸۸٪ و ۹۵٪ حاصل شده است.

شکل ۳ نتایج زیست توده نهایی را برای هر دو گونه ریزجلبک ارائه می کند.

بیشترین زیست‌توده نهایی برای هر دو سویه ریزجلبک، در آزمایش پساب غنی شده همراه با ریزمغذی بدست آمد (WNTCوWNTS).



شکل ۳: وزن نهایی زیست‌توده خشک در ریزجلبک C. vulgaris و S. quadricauda در انواع پساب



شکل ۴: درصد حذف زیستی آمونیوم، فسفات و نیترات در شرایط آزمایشی متفاوت به‌وسیله‌ی دو ریزجلبک C. vulgaris و S. quadricauda

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]
[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

جدول ۱: مقایسه درصد حذف آلاینده های نیتروژن دار و فسفردار با دو ریزجلبک C. vulgaris و S. quadricauda

شرایط آزمایش	سویه مورد استفاده	غلظت سلول نهایی (g/L)	ماده آلاینده	غلظت (mg/L)	حذف (٪)	نسبت نیتروژن به فسفر	زمان (روز)	مرجع
پساب صنعتی	Scenedesmus	۰/۶	Phosphate NH_3	۲/۵ ۳۰	۸۰ ۹۰	۵۰/۸	۵	(۲۴)
پساب صنعتی	Scenedesmus		Phosphate NO_3 TP	۶/۸ ۴۴ ۴	۳۰ ۳۴ ۸۹	۱۰	۴	(۲۵)
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری	Scenedesmus	۰/۷۴	TP NO_3 NH_3	۰/۴ ۲۱/۸ ۶/۵	۱۰۰	۵۵/۵	۱۰	(۲۶)
پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری	Scenedesmus		NO_3 Phosphate	۸/۹ ۵۵	۶۸ ۲۵	۰/۳	۶	(۲۷)
WNTS	Scenedesmus	۱/۱	NH_3 NO_3 Phosphate	۲۲ ۱۵/۹ ۹/۱	۹۳ ۷۶ ۷۰	۱۶	۱۷	تحقیق حاضر
پساب سنتزی	Chlorella	۰/۸	NH_4^+ TP NO_3 Phosphate	۲۱ ۳/۹ ۲۰۰ ۵/۳	۹۷ ۹۶ ۱۵ ۹۵	۳/۱	۴	(۲۸)
پساب سنتزی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری	Chlorella		Phosphate TN NH_4^+	۵۰ ۱۴ ۴۰	۶۰ ۲۱ ۹۹	۱۲/۱	۹	(۲۹)
پساب صنعتی (غنی‌شده)	Chlorella	۲/۱	TP NH_4^+	۱۴۳ ۱۳/۱	۸۶ ۸۸	۴-۶	۱۲	(۱۶)
WNTC	Chlorella	۰/۷	NH_4^+ TP NO_3	۲۲ ۱۵/۹ ۹/۱	۹۳/۵ ۸۸ ۹۶	۱۶	۱۷	تحقیق حاضر

بحث و نتیجه‌گیری

تأثیر نسبت N/P در حذف زیستی از پساب

نتایج بدست آمده از آزمایشات بیانگر این است که اثر کاهش نسبت N/P در حذف زیستی و تولید زیست‌توده، مطلوب است به طوری که پس از کاهش این متغیر، هر دو پارامتر افزایش‌یافته اند. با کاهش این نسبت بیشترین تأثیر بر روی حذف زیستی آمونیوم با استفاده از ریزجلبک S. quadriqauda بوده است که ۳۲٪ افزایش نسبت به پساب سنتزی واقعی داشته و پس‌ازآن فسفات با ۱۵٪ و آمونیوم ۸٪ افزایش را دارا بود. همچنین پس‌ازاین تغییر در پساب، زیست‌توده نهایی ۱۳٪ رشد داشت. در تحقیق مشابهی که بر روی ریزجلبک S. quadriqauda انجام گرفت، با افزایش غلظت فسفات (کاهش نسبت N/P از ۲۰:۱ به

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

۸:۱)، میزان زیست‌توده افزایش یافت و افزایش ۶۰درصدی در میزان حذف زیستی TN گزارش‌شد (۱۵).

همچنین برای ریزجلبک C. vulgaris، بررسی تغییرات صورت گرفته تحت تأثیر کاهش نسبت N/P نشان داد، اثر این تغییرات کمتر است. به این ترتیب درصد حذف آمونیوم، نیترات و فسفات نسبت به پساب سنتزی واقعی ۷٪، ۱۹٪ و ۱۶٪ افزایش نشان داده و زیست‌توده نهایی رشد ۲۴٪ داشته است. همچنین، بر خلاف ریزجلبک S. quadriqauda، بیشترین افزایش مربوط به نیترات بوده است. در تحقیق مشابهی که بر روی سویه C. vulgaris انجام‌گرفته سرعت حذف زیستی آمونیوم و فسفات و همچنین میزان زیست‌توده نهایی در پساب با تغییر نسبت N/P و رشد داشته است به طوری که بیشترین میزان حذف و زیست‌توده تولیدی در نسبت N/P برابر با ۱۲ گزارش‌شده است (۱۶). بعلاوه، افزایش منبع نیتروژن و فسفر نیز باعث افزایش رشد زیست‌توده می‌گردد و زمانی که این نسبت بهینه شود، سرعت رشد و میزان حذف زیستی افزایش می‌یابد(۹،۱۶). از این رو است که این تغییر نتیجه مثبتی در هر دو ریزجلبک بر روی میزان زیست‌توده نهایی داشته است. بررسی نمودارهای pH نشان می دهد افزایش فسفات موجب کاهش تغییرات نسبت به پساب سنتزی واقعی بوده است زیرا نمک‌های بکار رفته برای افزایش فسفات (KH_2PO_4 و K_2HPO_4) دارای خاصیت بافری بوده (۱۷) و این خود عامل مساعدی برای رشد ریزجلبک است.

تأثیر افزودن ریزمغذی در حذف زیستی پساب

در این تحقیق افزودن محلول ریزمغذی، تأثیر مثبتی بر روی حذف زیستی پساب و افزایش زیست‌توده داشت.

در مطالعه‌ی که در خصوص S. quadriqauda انجام شد بیشترین زیست‌توده تولیدی در حضور منبع نیتروژن و BBM گزارش‌شد (۱۸). در تحقیق دیگر بر روی این سویه، بیشترین دانسیته اندازه‌گیری شده در زمان افزودن ریزمغذی BBM بوده است (۱۹). دلیل این امر تأثیر مثبت ریزمغذی BBM در تولید کلروفیل می‌باشد (۱۱, ۲۰)، به گونه ای که در گزارشی که مربوط به پساب رنگی است، مشاهده گردید که بیشترین میزان کلروفیل تولید در حضور BBM حاصل‌شده است (۲۰)، به همین دلیل است که افزودن ریزمغذی به پساب سنتزی باعث افزایش حذف زیستی آمونیوم، نیترات و فسفات گردید. همچنین میزان زیست‌توده تولیدی به همین نسبت افزایش یافت. بر اساس شکل (۳) زیست‌توده تولیدی S. quadriqauda و C. vulgaris به ترتیب ۴۱٪ و ۳۵٪ نسبت به پساب واقعی و ۳۴٪ و ۲۵٪ نسبت به پساب حاوی N/P غنی شده، افزایش نشان می دهد.

درصد حذف زیستی آمونیوم، نیترات و فسفات در پساب WNTS نسبت به WNS به ترتیب ۱۶٪، ۲٪ و ۱۰٪ افزایش داشته است اما این تغییر در ریزجلبک C. vulgaris بیشتر بوده به طوری که درصد حذف این سه ترکیب در پساب WNTC نسبت به WNC، ۴۰، ۴۱ و ۳۳٪ رشد نشان می دهد. می‌توان نتیجه گرفت که ریزمغذی بیشترین تأثیر را بر روی سویه C. vulgaris داشته است. در سال ۲۰۰۷، مطالعه ای درباره ریزجلبک C. vulgaris صورت گرفت که نشان داد افزودن محلول ریزمغذی حاوی (Cu, Fe, Zn, …) باعث افزایش میزان کلروفیل و توده سلولی گردیده است (۱۱).

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که محلول ریزمغذی در افزایش توده زیستی نهایی و متعاقبا حذف زیستی پساب بخصوص نیترات مناسب می‌باشد.

مقایسه دو ریزجلبک Chlorella vulgaris و Scenedesmus quadriqauda

شکل ۴ نشان‌دهنده‌ی میزان حذف زیستی و زیست‌توده نهایی دو ریزجلبک موردتحقیق می‌باشد. در پساب سنتزی واقعی (WR)، عملکرد هر دو ریز جلبک در حذف زیستی آمونیوم و فسفات، تقریبا یکسان بوده است اما در حذف نیترات و زیست‌توده نهایی ریزجلبک S. quadriqauda بهتر بوده است.

پس از بهینه‌سازی نسبت نیتروژن به فسفر در پساب WN، درصد حذف آمونیوم و نیترات در حضور ریزجلبک S. quadricauda بیشترین افزایش را نسبت به ریزجلبک دیگر داشت. همچنین این رشد در زیست‌توده نهایی نیز مشاهده گردید اما حذف زیستی فسفات مانند حذف زیستی پساب سنتزی واقعی در هر دو ریزجلبک یکسان بود. در شرایطی که محلول ریزمغذی افزوده شد، نسبت به پساب عملکرد ریزجلبک C. vulgaris بهبود چشم‌گیری بوجود آمد که در شکل (۴) به‌خوبی قابل مشاهده است. همچنین میزان حذف زیستی فسفات و نیترات در این سویه بیش از S. quadriqauda بوده و از سوی دیگر، زیست‌توده نهایی ۳۵٪ رشد نشان می دهد درحالی‌که S. quadriqauda دارای رشد ۲۵٪ بود. علت این امر مصرف بالاتر نیتروژن و فسفر در این سویه می‌باشد.

با توجه به نمودارهای حذف زیستی در هر دو ریزجلبک می‌توان مشاهده کرد که سرعت حذف زیستی آمونیوم در روزهای نخست بیشتر از نیترات بوده است. این امر به دلیل فرم ترجیحی منبع نیتروژن در این دو ریزجلبک می‌باشد. به‌طور مشابه، در تحقیقی دیگر سرعت حذف زیستی آمونیوم توسط سویه C. vulgaris بیشتر از نیترات بوده است (۲۱). همچنین در تحقیق که در سال ۲۰۱۳ انجام شده، مشخص شد فرم مناسب منبع نیتروژن به‌منظور کشت ریزجلبک S. quadriqauda، آمونیوم می باشد (۲۲). بررسی تحقیقات دیگر نشان می دهد در حذف پساب به‌وسیله ریزجلبک C. vulgaris مشابه تحقیق حاضر، در روزهای نخست غلظت نیترات تغییرات اندکی داشته است (۱۶). در مطالعه‌ی دیگر بر روی سویه S. quadriqauda سرعت حذف آمونیوم بیشتر از نیترات بوده و پس از یک تا پنج روز از کشت، تغییرات اندکی در خصوص غلظت نیترات گزارش‌شده است (۲۳).

نتایج کشت سویه S. quadriqauda نشان داد که حذف زیستی آمونیوم، نیترات و فسفات به ترتیب ۷۸٪، ۷۳٪ و ۶۲٪ افزایش یافت. تغییر در فسفات بر روی سرعت حذف زیستی پساب تأثیر مثبتی داشته است به گونه‌ی که سرعت حذف زیستی آمونیوم از ۱ mg/L.day به ۱/۴mg/L.day و سرعت حذف زیستی فسفات از ۰/۴mg/L.day به ۰/۵mg/L.day افزایش یافت ولی سرعت حذف نیترات تغییر چندانی نداشت. همچنین در طول مدت کشت، pH تغییرات اندکی داشته است. به طور مشابه، سرعت حذف زیستی آمونیوم، نیترات و فسفات کشت سویه C. vulgaris در WRC به ترتیب mg/L.day ۰/۵ mg/L.day،۱ و ۰/۴ mg/L.day اندازه‌گیری شد که پس از افزودن فسفات در جهت کاهش نسبت N/P، سرعت حذف این سه ترکیب به ترتیب ۱/۰۲ mg/L.day، ۰/۵۴ mg/L.day و ۰/۴۹ بدست آمد. افزودن محلول ریزمغذی تأثیر مثبتی در

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

افزایش سرعت حذف زیستی داشت به طوری که سرعت حذف این سه ترکیب تا ۱/۳ mg/L.day، ۰/۷۷ mg/L.day و ۰/۶ mg/L.day افزایش یافت. مقایسه نمودارهای بدست آمده برای سویهC. vulgaris نشان می دهد که نوسان pH در آزمایش WRC بالا بوده اما در دو آزمایشی که فسفات افزایش یافت، این پارامتر به طور مشابه کشت ریزجلبک S. quadriqauda، در طی فرایند تصفیه دارای ثبات بود.

جدول (۱) دربردارنده‌ی نتایج مطالعات منتشرشده در خصوص ریزجلبک های S. quadriqauda و C. vulgaris در حذف آلاینده‌ها از پساب صنعتی و شهری است. از جدول ۱ ملاحظه می شود که بیشینه حذف زیستی پساب و زیست‌توده نهایی، در حضور ریزمغذی و بهبود نسبت نیتروژن به فسفات حاصل‌شده و درصد حذف آلاینده‌های آمونیوم، نیترات و فسفات برای هر دو سویه در تحقیق حاضر، قابل‌قبول می‌باشد.

آنچه مسلم است پساب صنایع فراوری گوشت می‌تواند محیطی مناسبی برای رشد ریزجلبک فراهم نماید. هرچند دست‌یابی به راندمان مناسب حذف، نیازمند تصحیح مقدار سطح فسفر و افزودن ریزمغذی به پساب واقعی است. با وجود اینکه مهمترین محدودیت استفاده از سیستم های کشت ریزجلبک در پساب، زمان کشت زیاد است، نتایج این تحقیق می‌تواند نویدبخش راهکاری جدید و اقتصادی به منظور حذف کامل ترکیبات آلاینده مغذی موجود در پساب‌های فرآوری گوشت باشد. همچنین تولید زیست‌توده ریزجلبک به عنوان محصول نهایی حاصل از این تجزیه زیستی می تواند در تولید سوخت زیستی، لپیید، کود زیستی و ... مورد استفاده قرار گیرد.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می دارند که هیچگونه تضاد منافعی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از پایان نامه دکتری در رشته مهندسی بیوتکنولوژی محیط زیست با عنوان بررسی راندمان حذف ترکیبات نیتروژن و فسفر از پساب با استفاده از تکنیک گرسنگی ریزجلبک که در سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران در حال انجام است استخراج گردیده است. نویسنده این مقاله بر خود لازم می داند از راهنمایی های خانم مهندس ندا بدلی در جهت نگارش مقاله، تشکر و قدردانی نماید.

Referenses

1-Ghadermazi A, Javanshir A, Moezzi F, Mafakheri P. Investigation of Potenitial of Chlorella vulgaris in the Closed loop Removal of Nitrate and Phosphate Repelled by Fish. Proceedings of the First Bioremediation Conference: 2013 Dec. Tehran, Iran. Sharif University of Technology; 2013.

2-Flugaur NJ. Wastewater Effluent Treatments and Control Technologies In the Beef Processing Industry [submitte for Master of Science Degree]. University of Wisconsin–Stout. 2003.

3-EPA U. Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems, Document No. 2004; 832 -4.

4- Su Y. Settleable algal-bacterial culture for municipal wastewater treatment [submitte for Master of Science Degree]. Leuphana Universität Lüneburg.2012.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

5- Griffiths EW. Removal and utilization of wastewater nutrients for algae biomass and biofuels [submitte for Master of Science Degree]. Utah State University.2009.

6- Chu W-L. Biotechnological applications of microalgae. IeJSME.2012;6(1): 24-37.

7- Zamani N, Noshadi M, Amin S, Ghasemi Y. Nitrate-nitrogen and Orthophosphate Removal from Municipal WasteWater Using Biotechnology - Microalgae. Proceedings of the 2nd International Symposium on Environmental Engineering: 2010 Jan. Tehran, Iran: Khajeh Nasir Toosi University of Technology.

8-Lu Q, Zhou W, Min M, Ma X, Chandra C, Doan YT, et al. Growing Chlorella sp. on meat processing wastewater for nutrient removal and biomass production. Biores Technol .2015;198:189-97.

9-Boelee N, Temmink H, Janssen M, Buisman C, Wijffels R. Nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater effluent using microalgal biofilms. Water Res .2011;45(18):5925-33.

10-Geider RJ, La Roche J. Redfield revisited: variability of C/N/P in marine microalgae and its biochemical basis. Eur J Phycol .2002;37(1):1-17.

11-Sreesai S, Pakpain P. Nutrient recycling by Chlorella vulgaris from septage effluent of the Bangkok City, Thailand. ScienceAsia.2007;33(3):293.

12-Heidari S, Farhadian O, Soofiani NM. Biomass Production and Ammonia and Nitrite Removal from Fish Farm Effluent by Scenedesmus quadricauda Culture. J Environ Stud.2011;37(59):7-8.

13-Roudsari FP, Mehrnia MR, Asadi A, Moayedi Z, Ranjbar R. Effect of microalgae/activated sludge ratio on cooperative treatment of anaerobic effluent of municipal wastewater. Appl Biochem Biotechnol.2014;172(1):131-40.

14-Greenberg Arnold E, Clesceri Lenore S. Standard methods for the examination of water and wastewater. USA: American Public Health Association.1992 ;207-1.

15-Xin L, Hong-ying H, Ke G, Ying-xue S. Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga Scenedesmus sp. Bioresour Technol.2010;101(14):5494-500.

16-He P, Mao B, Lu F, Shao L, Lee D, Chang J. The combined effect of bacteria and Chlorella vulgaris on the treatment of municipal wastewaters. Bioresour Technol.2013;146:562-8.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

17-Guruvaiah M, Narra M, Dixit G, Karawadia P, Shah D. Isolation, Screening and Optimization of Estuary Region (Khambhat, Gujarat) Microalgae for Lipid/Oil Production. Int J Appl Sci Biotechnol.2015;3(2):197-201.

18-Anand J, Arumugam M. Enhanced lipid accumulation and biomass yield of Scenedesmus quadricauda under nitrogen starved condition. Bioresour Technol.2015;188:190-4.

19-Al-Shatri AHA, Ali E, Al-Shorgani NKN, Kalil MS. Growth of Scenedesmus dimorphus in different algal media and pH profile due to secreted metabolites. African Journal of Biotechnology. 2014;13(16).

20-Chia MA, Musa RI. Effect of indigo dye effluent on the growth, biomass production and phenotypic plasticity of Scenedesmus quadricauda (Chlorococcales). An Acad Bras Cienc 2014;86(1):419-28.

21-Agwa O, Abu G. Influence of Various Nitrogen Sources on Biomass and Lipid Production by Chlorella vulgaris. Br Biotechnol J 2016;15(2):1-13.

22-Arumugam M, Agarwal A, Arya MC, Ahmed Z. Influence of nitrogen sources on biomass productivity of microalgae Scenedesmus bijugatus. Bioresour Technol 2013;131:246-9.

23- Han L ,Pei H, Hu W, Jiang L, Ma G, Zhang S, et al. Integrated campus sewage treatment and biomass production by Scenedesmus quadricauda SDEC-13. Bioresour Technol 2015;175:262-8.

24- Wong YK, Yung KKL, Tsang YF, Xia Y, Wang L, Ho K. Scenedesmus quadricauda for nutrient removal and lipid production in wastewater. Water Environ Res 2015;87(12):2037-44.

25- Fierro S, Del Pilar Sanchez-Saavedra M, Copalcua C. Nitrate and phosphate removal by chitosan immobilized Scenedesmus. Bioresour Technol.2008;99(5):1274-9.

26- Doria E, Longoni P, Scibilia L, Iazzi N, Cella R, Nielsen E. Isolation and characterization of a Scenedesmus acutus strain to be used for bioremediation of urban wastewater. J Appl Psychol .2012;24(3):375-83.

27- Jalal KCA, Alam MZ, Matin WA, Kamaruzzaman B, Akbar J, Hossain T. Removal of Nitrate and Phosphate from Municipal Wastewater Sludge by Chlorella vulgaris, Spirulina platensis and Scenedesmus quadricauda. IIUM Engineering Journal.2011;12(4).

28- Feng Y ,Li C, Zhang D. Lipid production of Chlorella vulgaris cultured in artificial wastewater medium. Bioresour Technol.2011;102(1):101-5.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]

29- Perez-Garcia O, Bashan Y, Esther Puente M. Organic carbon supplementation of sterilized municipal wastewater is essential for heterotrophic growth and removing ammonium by the microalga Chlorella vulgaris. J Phycol.2011;47(1):190-9.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2024-04-27]

[DOI: 10.18502/tbj.v18i2.1261]