زیست چارگی پساب کارخانه قند شاهرود

گیلدا دزیانی[۱]، مهرداد آذین*[۲]، مرتضی خوشوقت علی آبادی[۳]

۱و۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شاهرود، گروه مهندسی شیمی، شاهرود، ایران، صندوق پستی: ۱۶۳-۳۶۱۵۵

۲- پژوهشکده زیست فناوری، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران- صندوق پستی: ۳۳۵۳۸-۱۵۸۱۵

(*عهده دار مکاتبات - azin@iost.org)

چکیده

با توجه به این که صنعت قند یکی از صنایع پرمصرف آب با پسابی دارای بار آلی (COD) بالا می‌باشد، لزوم زیست تجزیه پذیر بودن آن قبل از رهاسازی در محیط زیست امری ضروری است. قسمت عمده پساب کارخانه قند شاهرود، دوغاب گل کربنات کلسیم حاصل از تصفیه شربت و نیز زیرآب دیگ‌های بخار می‌باشد که علی‌رغم وجود نرخ بالای مواد آلی (COD)، به دلیل غلظت بالای املاح معدنی خصوصاً کلسیم و منیزیوم، دارای BOD_5 بسیار پایین بوده و قابلیت تجزیه بیولوژیکی ندارد. در این مطالعه با حذف املاح معدنی خصوصاً کلسیم، توسط رزین کاتیونی هیدروژنی، و در کنار آن افزودن اوره و فسفات دی آمونیوم به ترتیب به میزان ۱ و ۰/۳ گرم در لیتر، پساب قابلیت تجزیه بیولوژیکی را بدست آورد. استفاده از منابع معدنی نیتروژن مثل کلرید آمونیوم تاثیری در رشد میکروارگانیسم‌ها نداشت.

کلمات کلیدی: زیست چارگی، Bioremediation، BOD_5، کارخانه قند شاهرود.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

شهرنشینی و صنعتی سازی در کشورهای در حال توسعه، مشکلات متعددی در جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب‌ها ایجاد می‌کند که این امر سبب مشکلات جدی در سلامت عمومی جامعه می‌گردد. رشد سریع صنایع تولیدی کشور که عموماً بدون توجه به کفایت منابع آب صورت می‌پذیرد، مشکلات عدیده‌ای را در تخصیص آب کافی به نقاط مختلف مصرف ایجاد کرده و فشار بیشتری بر منابع آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور وارد نموده است. ممکن است این پساب‌ها نه تنها یک تهدید برای محیط زیست نباشد، بلکه با توجه به ارزانی و فراوانی، دارای انرژی پتانسیلی باشد که هنوز به طور کامل مورد استفاده قرار نگرفته باشد. برای حفاظت منابع آبی از جمله این پساب‌ها، لازم است که یک تصفیه کافی و مناسب برای کاهش پتانسیل آلودگی این پساب‌ها انجام گیرد (۱۲).

بیش از ۳۰۰ نوع باکتری از تنها یک نوع پساب یافت شده است. بیشتر این باکتری‌ها بی‌هوازی و معمولاً بی‌هوازی اختیاری می‌باشند. E. coli یک باکتری بی‌هوازی اختیاری شاخص می‌باشد (۹).

باکتری‌هایی که معمولاً در فرآیند تصفیه پساب‌ها یافت می‌شوند به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱. گروهی که متابولیسم آن‌ها به مولکول آزاد اکسیژن (O_2) وابسته می‌باشد.
۲. گروهی که توانایی آنزیماتیک آن‌ها درتجزیه سوبسترا در فرآیند هضم بی‌هوازی نشان داده می‌شود (۲۳).

در طول فرآیند هضم بی‌هوازی، باکتری‌های بی هوازی اختیاری مانند Entrobacteria مقدار زیادی اسید و الکل، CO_2 و هیدروژن از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها تولید می‌کنند. برخی میکروارگانیسم‌ها مثل E. coli، ترکیبات بدبویی مانند ایندول و اسکاتول را تولید می‌کند (۲۰).

پساب کارخانجات قند به دلیل ترکیب درصد بالای مواد کربنی دارای بار آلی بالایی می‌باشد. در مقابل، مقدار نیتروژن و فسفر به طور نسبی پایین‌تر است، چرا که به دلایل اقتصادی، میزان کود در مناطق کشت شده کنترل می‌گردد و میزان این آلودگی‌ها کاهش یافته است (۱۳).

در سال‌های اخیر، فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی پساب در کارخانجات قند مرسوم‌تر شده است.

در آلمان، اغلب فرآیند لجن بی‌هوازی به دلیل غلظت بالای کلسیم، مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالیکه در هلند، که سود کاستیک[1] به جای شیرآهک مورد استفاده قرار می‌گیرد، راکتورهای UASB[2] مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۳).

برای بهبود مشکلات عملیاتی در رابطه با پساب حاوی غلظت بالای کلسیم، جداکننده‌های سانتریفوژی برای جداسازی ذرات کربنات کلسیم از لجن باکتریایی مناسب‌تر می‌باشند (۸).

بخش عمده پساب کارخانه قند شاهرود در زمان بهره‌برداری تصفیه شکر خام مربوط به دفع گل کربنات کلسیم حاصله از تصفیه شربت در مرحله ساتوراسیون[3] می‌باشد. برای تصفیه ناخالصی‌های شربت قند از آهک و CO_2 استفاده می‌شود و در این فرایند محصول جامدی تولید می‌شود که در دستگاه فیلتر از شربت جدا می‌گردد. کیک جداشده که اصطلاحاً گل کربناتاسیون نامیده می‌شود دارای حدود ۵ درصد مواد آلی غیر

[1] Caustic soda
[2] Upflow Anaerobic Sludge Blanket
[3] saturation

Archive of SID

www.SID.ir

قندی، حدود ۸ درصد قند و در صورت استفاده از دستگاه‌های فیلتر خلا دارای حدود ۵۰ درصد رطوبت است که بقیه آن کریستال‌های کربنات کلسیم می‌باشد (۲۲).

این پساب در طول ۲۴ ساعت بهره‌برداری کارخانه برقرار می‌باشد. پس از آن پساب‌های زیر به جریان افزوده می‌شود:

- آب حاصل از زیرآب زدن کوره‌های بخار به دلیل کنترل TDS و قلیائیت
- آب حاصل از شستشوی لاور کوره آهک (به منظور جداسازی و خالص سازی گاز CO_2 تولید شده)
- شربت سرریز پمپ‌ها و مخازن

لازم به توضیح است که فاضلاب بهداشتی و انسانی کارخانه تماماً وارد چاه جذبی شده و با فاضلاب صنعتی کارخانه به هیچ عنوان مخلوط نمی‌شود.

سیستم فعلی دفع پساب صنعتی کارخانه قند شاهرود دارای ۴ لاگون هر کدام به ابعاد ۷۰×۵۵ متر و عمق ۳ متر می‌باشد. پساب صنعتی کارخانه بعد از طی مسیری حدود ۳ کیلومتر توسط کانال درون لاگون ریخته می‌شود. پساب توسط دیفوزرها مقداری هوادهی شده و با زمان ماند حدود ۶-۷ ساعت از سمت دیگر لاگون خارج شده و برای آبیاری در زمین‌های کشاورزی اطراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طول این زمان ماند، پساب که عمدتاً گل کربنات کلسیم می‌باشد ته نشین شده و مقداری هم در اثر دمای محیط تحت تاثیر واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرد.

با توجه به نسبت‌های زیر می‌بایست درجه زیست تجزیه‌پذیر بودن پساب را تعیین نمود.

نسبت BOD_5 / COD شاخص تجزیه بیولوژیکی نامیده شده و از ۰/۴ تا ۰/۸ در پساب متغییر است.

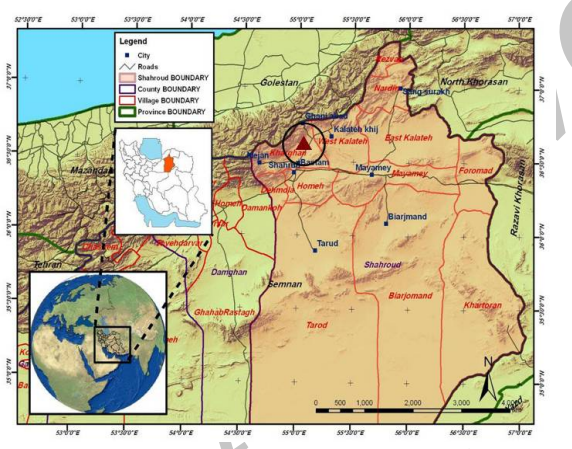
اگر BOD_5 /COD > ۰/۶، آن‌گاه پساب قابلیت تجزیه بیولوژیکی بالایی دارد.

اگر ۰/۶ > BOD_5 / COD > ۰/۳ ، پساب نیاز به تصفیه به روش بیولوژیکی دارد.

اگر BOD_5 / COD <۰/۳ نمی‌توان تصفیه بیولوژیکی بر روی پساب انجام داد (۲۰).

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری از پساب کارخانه قند شاهرود برای آنالیز شیمیایی و میکروبی انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل نمونه گیری در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی کارخانه قند شاهرود

بر اساس مدت زمان بهره برداری، شش سری نمونه گیری در ماه‌های مختلف از اردیبهشت تا شهریورماه از پساب کارخانه قند شاهرود انجام شد تا بر اساس نتایج حاصله، قابلیت زیست تجزیه‌پذیر بودن پساب بررسی گردد. جهت آنالیزهای میکروبی نمونه‌گیری‌ها به صورت استریل در دو سری یکی در اوایل بهره‌برداری

Archive of SID

www.SID.ir

کارخانه در اردیبهشت ماه و دیگری در اواسط بهره برداری یعنی تیر ماه صورت گرفته است.

پارامترهای میکروبی اندازه‌گیری شده شامل سنجش تعداد کلی کپک، مخمر و باکتری‌ها (شامل *Entrobacteria*، *Coliform* و *E. coli*) طبق آزمون‌های موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز مراجع شماره ۱۰ و ۱۱ انجام پذیرفت. هدایت الکتریکی (E.C.) و کل مواد جامد محلول (TDS) توسط دستگاه کنداکتومتر دیجیتالی، کل مواد جامد معلق (TSS) بروش صاف کردن توسط کاغذ صافی و خشک کردن در فور، سختی کل با تیتراسیون توسط محلول (EDTA 0.01 N)، درصد ساکاروز توسط دستگاه ساکارومات و درصد یون‌های آمونیوم و نیترات بروش فتومتری تعیین گردید. اکسیژن محلول، BOD_5 و COD نیز طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (۵ و۱۰).

نتایج

نتایج میکروبی حاصله در جدول ۱ نشان‌دهنده افزایش بار میکروبی در طی زمان بهره برداری است.

جدول ۱: آنالیز بیولوژیکی پساب صنعتی طی زمان بهره برداری تصفیه شکرخام کارخانه قند شاهرود

میکروارگانیسم	CFU/mL اوایل بهره برداری (اردیبهشت ماه)	CFU/mL اواسط بهره برداری (تیرماه)
کپک	۸۷	$۴/۱\times۱۰^{۲}$
مخمر	۸۷	$۴/۱\times۱۰^{۲}$
انتروباکتر	$۲/۵\times۱۰^{۵}$	$۳/۳\times۱۰^{۷}$
کلیفرم	$۸/۵\times۱۰^{۴}$	$۲/۶\times۱۰^{۵}$
شمارش کلی	$۱/۵\times۱۰^{۷}$	$۴/۴\times۱۰^{۹}$
اشریشیا کلی	مثبت	مثبت
سالمونلا	مثبت	منفی

نمونه‌گیری اولیه جهت آنالیزهای شیمیایی از لاگون‌ها در سه سری، هر یک به فاصله دو هفته، از ابتدای اردیبهشت ماه صورت گرفت. BOD_5 پساب مقدار پایینی بود و مقایسه آن با مقدار بسیار بالای COD همان نمونه نشان می‌دهد که این پساب قابلیت تصفیه به روش بیولوژیکی را ندارد. نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: آنالیز شیمیایی پساب صنعتی (در زمان بهره برداری تصفیه شکرخام کارخانه قند شاهرود)

مراحل نمونه گیری	pH	E.C. (µS)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	Sucrose (g/L)	TH (as ppm CaCO3)	DO (mg/L)	BOD5 (mg/L)	COD (mg/L)
سری اول	۷/۷	۱۳۳۰	۱۹۹۸	۲۲۰۲	۱/۵۶	۱۶۴۳	۱۰۰	۲۰۰	۳۴۰۰
سری دوم	۱۰/۳	۵۳۵۰	۳۲۱۰	۲۷۹۰	۲/۴۷	۱۹۴۶	۵	۲۰	۳۷۴۰
سری سوم	۷/۸	۲۷۱۰	۱۶۶۰	۱۵۴۰	۱/۰۴	۱۵۰۰	۴۰	۱۷۰	۳۰۵۰

نتایج نشان می‌دهد که بالا بودن میزان TDS و TSS با بالا رفتن میزان COD همزمان است.

مشاهده اختلاف بسیار زیاد بین BOD_5 و COD پساب، نشان می‌داد که وجود یک بازدارنده احتمالی در محیط باعث عدم رشد میکروارگانیسم‌های موجود

Archive of SID

www.SID.ir

در پساب شده و BOD_5 پایین را نتیجه می‌شود. وجود غلظت بالای کلسیم به عنوان یک ماده معدنی می‌توانست به عنوان یک بازدارنده عمل کند. لذا در سری بعدی نمونه‌گیری از لاگون، ابتدا پساب توسط کاغذ صافی واتمن۴۲ صاف و آنالیز شد و سپس با عبور پساب صاف شده از روی ستون رزین کاتیونی قوی هیدروژنی (Purolite C-100)، قسمت عمده یون کلسیم موجود در محیط حذف گردید. جایگزینی یون هیدروژن با کلسیم افت pH تا ۲/۶ را باعث گردید که با افزودن کربنات سدیم pH روی ۷ تنظیم گردید و سپس مجدداً از نظر میزان BOD_5 مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج حاصله در جدول ۳ نشان دهنده آن است که با وجود جداسازی یون کلسیم BOD_5 افزایش نیافت چراکه یون سدیمی که جایگزین یون کلسیم شده بود خود یکی از یون های معدنی قوی بوده و قابل استفاده برای میکرو ارگانیسم‌ها نمی‌باشد.

جدول ۳: آنالیز شیمیایی پساب در زمان بهره برداری تصفیه شکرخام کارخانه قند شاهرود پس از عبور از رزین کاتیونی هیدروژنی قوی و تنظیم pH با کربنات سدیم

	pH	E.C. (µS)	TDS (mg/L)	Sucrose (g/L)	TH (as ppm $CaCO_3$)	DO (mg/L)	BOD_5 (mg/L)
نمونه پساب صاف شده	۷/۹	۱۶۹۳	۱۰۱۶	۱/۱۷	۱۲۳۲	۵۰	۲۰۰
پساب صاف شده و تیمار شده با رزین کاتیونی با حذف کلسیم و تنظیم pH با کربنات کلسیم	۷	۲۱۵۰	۱۲۸۸	۱/۱۷	۱۴	۵۰	۲۰۰

برای اثبات این مساله سری بعدی آزمایش با نمونه گیری مجدد از پساب و صاف کردن آن با کاغذ صافی و عبور آن از روی ستون رزین کاتیونی قوی هیدروژنی صورت گرفت. به دلیل تبادل یون‌های کلسیم با هیدروژن pH به ۱/۹ رسید که این بار توسط محلول هیدروکسید آمونیوم (NH_4OH) به حد خنثی یعنی ۷–۶/۸ رسانده شد. این کار به ۲ صورت انجام شد:

۱. عبور از رزین و تنظیم pH با آمونیاک و افزودن اوره به میزان w/v ۰/۱۲ درصد
۲. عبور از رزین و تنظیم pH با آمونیاک و افزودن اوره میزان ۱ گرم بر لیتر و فسفات دی آمونیوم به میزان میزان ۰/۳ گرم بر لیتر

نتایج حاصله در جدول ۴ ارایه شده است:

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴: آنالیز شیمیایی پساب از لاگون در زمان بهره‌برداری تصفیه شکرخام کارخانه قند شاهرود پس از عبور از رزین کاتیونی هیدروژنی قوی و تنظیم pH با محلول آمونیاک

	Sucrose (g/L)	pH	TH (as ppm $CaCO_3$)	E.C. (µS)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	DO (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)
پساب صاف شده	۰/۵۶	۷/۸	۲۰۲۱	۴۷۷۰	۷۸۰۰	۲۸۷۰	۸۰	۲۸۰	۶۶۵۰
عبور از رزین و تنظیم pH با آمونیاک و افزودن اوره (٪ ۰/۱۲w/v)	۰/۵۶	از ۲/۲ به ۶/۶ رسانده شد	۱۴۲	---	---	---	۱۰۰	۲۴۰	۶۶۵۰
عبور از رزین و تنظیم pH با آمونیاک و افزودن اوره ودی آمونیوم فسفات و رقیق سازی یک به یک	۰/۵۶	از ۲/۲ به ۶/۹ رسانده شد	۱۴۲	---	---	---	۱۶۰	۱۹۰۰	۶۶۵۰

با بررسی نتایج جدول ۴ معلوم می‌شود که میزان BOD_5 ، با غلظت یون کلسیم موجود در محیط نسبت عکس دارد.

در سری دیگر آزمایشات بر روی پساب، پس از جداسازی یون کلسیم توسط رزین کاتیونی قوی هیدروژنی و تنظیم pH توسط محلول آمونیاک، محلول کلرید آمونیوم ۱۰ درصد به آن اضافه شد تا تاثیر یک منبع نیتروژنی معدنی بر روی رشد میکروارگانیسم‌ها مورد بررسی قرار گیرد که نتایج در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵: آنالیز شیمیایی پساب از لاگون در زمان بهره برداری تصفیه شکرخام کارخانه قند شاهرود پس از عبور از رزین کاتیونی هیدروژنی قوی و افزودن کلرید آمونیوم بعنوان منبع نیتروژنی

	NO_3 (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	pH	TH (as ppm $CaCO_3$)	E.C. (µS)	TDS (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)
پساب صاف شده	۰/۰۶	۰/۳۸	۷/۲	۲۸۲۱	۴۹۲۰	۲۹۶۰	۳۶۰	۶۰۰۰
عبور از رزین و تنظیم pH با آمونیاک و افزودن ۲۵ میلی لیتر کلرید آمونیم ۱۰ درصد	۰/۴	بسیار ناچیز	از ۲/۲ به ۷/۵ رسانده شد	۱۲۵	---	---	۲۰۰	۶۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

با بررسی اعداد به دست آمده در جدول ۲ مشخص می‌شود عمده پساب ورودی به لاگون‌ها دارای مواد جامد معلق (TSS) بالایی بوده که با ته نشینی در طول مسیر و در لاگون‌ها کاهش می‌یابد. سختی نمونه‌ها به دلیل وجود درصد بالای یون کلسیم موجود در گل فیلتر خلا و نیز آب حاصل از شستشو و احیای رزین‌های کاتیونی واحد تصفیه آب کوره بخار می‌باشد که حاوی مقادیر بالای یون‌های کلسیم و منیزیم است. علت بالا رفتن مقطعی pH پساب، ورود نخاله‌های آهک می‌باشد. وجود ساکارز در پساب مربوط به سرریز پمپ‌ها و مخازن و نیز قند باقیمانده در گل فیلتر خلاء می باشد.

با بالا رفتن pH که مربوط به نخاله‌های آهک می‌باشد، به طور قابل توجه‌ای میزان اکسیژن محلول و BOD_5 کاهش یافته که به دلیل غلظت بالای یون کلسیم می‌باشد. چرا که علیرغم وجود درصد ساکارز بالاتر، میکروارگانیسم‌ها قادر به تجزیه بیولوژیکی پساب نمی‌باشند.

به دلیل عبور پساب از رزین قوی کاتیونی، علاوه بر جداسازی حدود ۹۵ درصد یون کلسیم، کاتیونی‌هایی مثل آمونیوم و ترکیبات فسفری موجود در محیط توسط رزین حذف شده و لذا با وجود جداسازی یون کلسیم به دلیل نبودن نیتروژن و فسفر مورد نیاز، میکروارگانیسم‌ها نمی‌توانند فعالیت لازم را داشته باشند.

همان طور که پیش‌بینی می‌شد، به دلیل حذف کاتیون‌ها در پساب بعد از تیمار با رزین، تنها در نمونه‌ای که به آن منبع آلی اوره و فسفات دی آمونیوم اضافه شده بود رشد میکروارگانیسم‌ها به صورت مناسبی صورت پذیرفته است و نتایج دیگر نشان دهنده این است که افزودن تنها منبع نیتروژنی هم کافی نمی‌باشد. چرا که فسفر هم در رشد میکروارگانیسم‌ها نقش مهمی دارد. همچنین بر طبق نتایج جدول ۵، با وجود حذف یون کلسیم به عنوان بازدارنده و افزودن کلریدآمونیوم به عنوان تامین کننده نیتروژن محیط، به دلیل این که یک ماده معدنی می‌باشد، بهبودی در میزان BOD_5 و بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌ها مشاهده نشد.

بنابراین، پساب کارخانه قند شاهرود به دلیل غلظت بالای املاح معدنی و خصوصاً کلسیم و منیزیوم حاصل از گل کربناته، زیرآب دیگ‌های بخار و سیستم‌های احیای رزین‌های سختی‌گیر قابلیت تصفیه بیولوژیکی را ندارد، در نتیجه می‌بایست به نحوی یون کلسیم موجود در محیط را حذف کرد. یکی از موثرترین راه‌ها برای رسیدن به این وضعیت، استفاده از رزین کاتیونی هیدروژنی قوی می‌باشد که به جای یون کلسیم یون هیدروژن وارد محیط می‌نماید. سپس می‌توان یون‌های ضروری مثل آمونیوم و فسفات را به صورت دستی به محیط اضافه کرد تا میکروارگانیسم‌ها بتوانند برای تجزیه بیولوژیکی پساب رشد و فعالیت داشته باشند. املاح نیتروژن و فسفر باید به صورت ترکیبات آلی، که مناسب‌ترین و کم‌هزینه‌ترین آن، اوره و فسفات دی آمونیوم می‌باشد، مورد استفاده قرار گیرد و ترکیبات معدنی نقش چندان موثری در رشد میکروارگانیسم‌ها تاثیری ندارد. این نتیجه با بررسی پژوهش‌های مشابهی که در زمینه استفاده از منابع مختلف آلی و معدنی در رشد میکروارگانیسم‌ها صورت گرفته است نیز به اثبات می‌رسد. از جمله تحقیقی که Costa و همکاران بر روی استفاده از منابع مختلف نیتروژنی (اوره، نیترات آمونیوم، کلرید آمونیوم، سولفات آمونیوم) بر روی

Archive of SID

www.SID.ir

رشد اسپیرولینا استفاده کرده و بهترین نتیجه را با اوره به دست آورده‌اند (۴و۱۴).

سپاسگزاری

به این وسیله از کلیه کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری می‌کنیم.

منابع

۱. احمدی، م.، گنجی دوست، ح.، آیتی، ب.، ۱۳۸۷. بررسی قابلیت فاضلاب صنایع قندی در سیستم USBF. مجله سلامت و محیط، فصلنامه ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره اول، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۷، صفحات ۱۱۳ تا ۱۲۰.

2. Ahmadi, M., Tajrishi, M., Abrishamchi, A., 2005. Comparison of technical and economical methods in Iranian sugar industries wastewater treatment. Water & Wastewater. Vol. 53, pp. 54-61.
3. Atashi, H., Ajamein, H., Ghasemian, S., 2010. Effect of operational and design parameters on removal efficiency of a pilot-scale UASB reactor in a sugar factory. World Applied Sciences Journal, Vol. 11, pp. 451-456.
4. Costa, J. A. V., Cozza, K. L., Oliveira, L., Magagnin, G., 2001. Different nitrogen sources and growth responses of *Spirulina platensis* in microenvironments. World J. Microbiol. Biotechnol.Vol. 17, pp. 439-442.
5. Dunnivant, F. M., 2004. Environmental Laboratory Exercises for Instrumental Analysis and Environmental Chemistry. John Wiley & Sons.
6. Environmental Report on Sugar Sector, Monthly Environmental News. 2001. Vol. 5, pp. 11-27.
7. Farhadian, M., Borghei, M., Umrania, V. V., 2007. Treatment of beet sugar wastewater by UAFB bioprocess and Bioresource Technol. Vol. 98, pp. 3080-3.
8. Gallert, C., Winter, J., 1999. Bacterial Metabolism in Wastewater Treatment Systems. In: Biotechnology, Environmental Processes I, Winter, J. (Ed). (Biotechnology: A Multi-Volume Comprehensive Treatise; 2nd Completely Rev. Ed.) Vol. 11a, pp. 17-25.
9. Gerardi, M. H., 2003. The Microbiology of Anaerobic Digesters. John Wiley & Sons. pp. 11-13.
10. Greenberg, A. E., Clesceri L. S., Eaton, A. D., 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Edition. American Public Health Association.
11. Güven, G., Perendeci, A., Tanyolac, A., 2009. Electrochemical treatment of simulated beet sugarfactory wastewater. Chem. Eng. J. Vol. 151, pp. 149-159.
12. Hampannavar, U. S., Shivayogimath, C. B., 2010. Anaerobic treatment of sugar industry wastewater by upflow anaerobic sludge blanket reactor at ambient temperature. International Journal of Environmental Sciences, Vol. 1, pp. 631-9.
13. Jordening, H. J., Winter, J., 2005. Environmental Biotechnology Concepts and Applications. Wiley-VCH, pp.58-60.
14. Khanna, S., Srivastava, A. K., 2005. Statistical media optimization studies for growth and PHB production by *Ralstonia eutropha*. Process Biochemistry,Vol. 40, pp. 2173–2182.
15. Kumar, A., Sapkal, D. B., Gunjal, B. B., Sercu, B., Langenhove, H. V., 2005. A combined biological treatment system for biodegradation of sugar industry wastewater. Abstract Book Draft, Department of Environmental Science and Engineering, Guru Jambheshwar University Hisar, Haryana-India.
16. Masud Hossain, S. K., Anantharaman, N., Das, M., 2009. Anaerobic biogas generation from sugar industry wastewaters in three-phase fluidized-bed bioreactor. Indian Journal of Chemical Technology, Vol.16, pp. 58-64.

Archive of SID

www.SID.ir

17. Nacheva, P. M., Chávez, G. M., Chacón, J. M., Chuil, A. C., 2009. Treatment of cane sugar mill wastewater in an upflow anaerobic sludge bed reactor. Water Science and Technology, Vol. 60, pp. 1347-1352.
18. Pepper, I. L., Gerba, C. P., 2005. Environmental Microbiology, a Laboratory Manual. Elsevier Academic Press.
19. Shaigan, J., 1993. Sugar Industries Problems in Iran, IJCCE Journal, Vol. 2, pp. 55-60.
20. Srinivasan, T., 2008. Environmental Biotechnology, New Age International Publisher, New Delhi, India.
21. Stewart, S. W., 2004. Co-Generation Opportunities Utilizing Sugar Industry Wastewater Through the use of Biological Treatment systems. Electricity Supply Industry in Transition: Issues and Prospect for Asia. Available from: http://www.cogen3.net/doc/countryinfo/philippines/CogenOpporUtilizingSugarWastewater_steward.pdf.
22. Van der Poel, P. W., Schiweck, H., Schwarts, T., 1998. Sugar Technology, Beet and Cane Sugar Manufacture, 1st edition. Bartens.
23. Zietz, B. P., 2008. Complex Ecology of Microbial Biofilm Communities in Drinking Water Supply Systems. In: Progress in Environmental Microbiology, Kim, M. B. (Ed), Nova Science Publishers. pp. 1-7.

Archive of SID

www.SID.ir