استفاده از روش ازناسیون برای تصفیه آب های معدنی

حسن ژیان (دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، گروه شیمی کاربردی)

چکیده

آب معدنی و آب شـرب به عنوان یکی از نیازهای اساسـی روزمره انسـان و اسـتمرار حیات می باشـد . میزان نیاز روزمره هر فرد ۱ تا ۲ لیتر می باشد که بسـتگی به شـرایط آب و هوایی و سـن و سال دارد. منشـأ حدود ۸۰٪ از بیماری های انسـان عدم دسترسـی به آب سالم است. ۷۵٪ از مردم جهان سـوم از امکانات آب برای مصارف بهداشتی محروم اند. واقعیت آن است که آب سـالم و گوارا کمیاب و گران بها می باشـد آلودگی هـا با ایجاد تغییرات نامطلـوب در خواص فیزیکی ، شـیمیایی و بیولوژیکی کیفیـت آب را تنزل مـی دهند. برخـی از آلودگی ها زوال پذیرند و به آسـانی تجزیه و یا تقلیل داده می شـوند نظیر مواد زاید کشـاورزی و حیوانی و فاضلاب های انسانی بعضـی از آلاینـده ها نیز انحطـاط ناپذیرند مانند جیوه و سـرب و برخی از ترکیبات پلاسـتیک ها که از افزایش آنها در آب باید جدا جلوگیری شود. در این تحقیق از دو نمونه از آب های معدنی واقع در منطقه شمالی شهرستان مهاباد واقع در آذربایجان غربی با سختی mg/liter ۴۲ و ۳۶ کربنات کلسـیم ($CaCo_3$) مورد بررسـی قرار می گیرد. سـپس مقادیر مختلف از گاز ازن به طور مسـتقیم به محلول آب معدنی تزریق می شـود و تحولات بیولوژیکی و شـیمیایی نمونه بعد از تاثیر ازن بررسی خواهد شد. ازناتورمورد اسـتفاده می تواند ۲۵ میلی گرم گاز ازن را در ساعت تولید کند. برای تعیین مقادیـر گاز ازن روش یدومتری به کار می بریم. در تزریق ۱/۲۵ میلی گرم در لیتـر ازن حـذف دیاتومه در نمونه (۱) کامـل و در نمونه (۲) تا ۹۹٪ حاصل گردیده اسـت. حذف کامل کلروفیسه در هر دو نمونه در مقادیر ۱/۱ میلـی گـرم در لیتر ازن رخ می دهد . حذف کامل BOD۵ در نمونه (۱) در ۱/۱ میلـی گـرم ازن و در نمونـه دوم در ۱ میلی گـرم ازن حاصل می شـود. در کاهش COD برای تزریق ۱/۲ میلی گرم ازن برای نمونه (۱) ۶۵٪ و برای نمونه (۲) ۶۸٪ خواهیم داشـت. گند زدایی کامل هر دو نمونه در مقـدار ۰/۵ میلی گـرم در لیتر به صورت کامل انجام می شـود. در این روش تصفیه چون از مواد شیمیایی استفاده نمی گردد می توان آبی گوارا با کیفیت بسـیار مطلوب به دسـت آورد و نیازی به تهیه مواد شیمیایی نیست. می توان ازناسـیون را به عنوان بهترین روش تصفیه آب معرفی کرد.

کلمات کلیدی: ازناسـیون، فیلتراسـیون، گندزدایـی، آبهای معدنی، آب گوارا.

E-mail: jahanggg@yahoo.com
Tel: 09144426352

مقدمه

یکی از مهم ترین مسایلی که در حیات موجودات زنده نقش اساسی دارد آب اســت در مورد انسان بدون غذا تا سه هفته می تواند به حیات خود ادامه دهد در هوای معتدل انســان، حداکثر سه روز بدون آشامیدن هیچ آبی می تواند به حیــات خود ادامه دهد. پس می توان گفت آب جزو نیازهای بســیار ضروری موجودات محســوب می شــود و هر موجود زنده بدون آب نمی تواند به حیات خود ادامه دهد پس حفظ و نگهداری این مایه حیات بســیار ضروری اســت و باید آن را به صورت ســالم و درســت مصرف نمود گر چه منابع آب بر روی ســطح کره خاکی زیاد اســت اما همه آن ها قابل اســتفاده برای انسان نمی باشــند. یکی از مشکلات آب این اســت که تنها مورد مصرف آشامیدن نمی باشــد بلکه در مصارف دیگر چون حلال مناســب برای پاک نمودن و حلال مناسب در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد و این امر سبب آلوده شدن آب های سطحی می شود و چون این منابع محدود هستند، باید با روش مناسبی ایــن آب های آلوده را باز یابی نمود حتی در اروپا که منابع آبی بســیار زیادتر از مناطق و ســایر نقاط جهان اســت باز به مقدار زیادی این آب ها را تصفیه و بــاز یابی مــی کنند. تاکنون از روش های مختلفی چون ته نشــینی، انعقاد، اســمز معکوس و جذب ســطحی برای تصفیه آب ها مورد استفاده قرار گرفته اما انجام این روش ها به حذف کامل آلاینده ها منجر نشــده اســت. در واقع این آلاینده ها از فاز جامد به مایع یا مایع به مایع در حرکت می باشند و نمی توان آن ها را به راحتی جدا نمود چون حتی بعضی از این مواد با آب واکنش خواهند داد. در تصفیه مقدماتی با اســتفاده از روش های انعقاد، فیلتراســیون و کلــر زنــی تا حد زیادی می توان موارد میکربــی را از بین برد ولی مواد آلی مخرب حاصل از پســاب صنعتی همچنان می توانند در آب وجود داشته باشند در دهه ۸۰ میلادی متوجه شــدند که افزایش کلر به پســاب حاوی مواد آلی زنجیری ســبب، ایجاد ترکیبات حلقوی می نمایید و شدت آلودگی را افزایش می دهد. با توجه به موارد بالا می توان گفت که منابع آب آشامیدنی مطمئن بسیار زیاد نیست(۱).

یکی از سودمند ترین روش های مورد استفاده برای تخریب آلاینده ها که در دنیا مرسوم است استفاده از مواد شیمیایی می باشد که قدرت اکسیداسیون بالایی را دارند. برای مثال می توان از کلر و ترکیبات مختلف آن، الکترو اکسیداسیون و انعقاد به وسیله الکتریسیته یا نور ماوراء بنفش و انواع پر اکسید ها را نام برد. تمامی این مواد ترکیبات غیر قابل تجزیه آلی را به فرم قابل تجزیه تبدیل می کنند و حتی مقایر مناسبی آب و دی اکسید کربن را در اثر این واکنش ها می توان به دســت آورد. که نتیجه هر واکنش اکسیداسیون مواد آلی می باشد. اما بعضی از این مواد به علت پایداری و مقاومت در برابر اکسیداسیون به فرم های کوچکتر پایدار تبدیل می شــوند. به همین علت مراحل تصفیه آب گوناگون است و باید مراحل مختلفی را بر روی آب آلوده انجام داد تا بتوان کیفیت آب را افزایش داد.

نکته ایی که بســیار مهم اســت در مورد مواد اکسیداســیون این مواد نباید به صورتی باشــند که خود تولید آلودگی نمایند. امروزه که آب در مراکز پر جمعیت مصرف فراوان دارد توجه انسان به آب های معدنی مناطق دور دست مورد توجه قرار گرفته اســت. به علت بعد فاصله این آب ها از مرکز شــهری و صنعتی می توان بعد از فیلتر کردن و گند زدایی مورد استفاده قرار گیرند اما پس از چندی نیز این آب ها مورد تهدید جدی آلاینده ها قرار می گیرند. پس راه حل این است که با یک روش مطمئن و مناسب آب ها آلوده را تصفیه و کنترل نمود(۲).

اهداف تحقیق

الف . اهداف کلی:

در این تحقیق تاثیر ازن را بر آب های معدنی اطراف شهرستان مهاباد، از نظر بیولوژیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار می گیرد.

ب . اهداف اختصاصی:

۱. تاثیر ازن بر روی حذف یا کاهش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)
۲. تاثیر ازن بر روی حذف یا کاهش اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)
۳. تاثیر ازن بر روی جلبک های موجود در آب های معدنی
۴. تاثیر ازن بر روی کاهش عوامل میکروبی موجود در آب های معدنی
۵. در این مطالعه از دســتگاه ازناتوری که تولید ۲۵ میلی گرم ازن در ســاعت می باشــد استفاده می کنیم و دو چشــمه آب معدنی که دارای سختی تقریباً mg/liter ۳۶ و ۴۲ (چــون در فصــول مختلف ســال تغییر می کند) مورد استفاده قرار می گیرد(۳).

ج . تاریخچه:

استفاده از گاز ازن دارای سابقه یک قرن می باشد که اولین بار در سال ۱۸۴۰ توســط اچونبین (Schonbein) از الکترولیز اســید سلفوریک کشف شد و برای اولین بار در سال ۱۸۸۶ در گند زدایی آب توسط مارتینس(Martenec) به کار گرفته شــد تا قبل جنگ جهانی اول که گاز کلر به صورت انبوه ساخته نشــده و خواص بیو شــیمیایی و شــیمیایی آن مورد مطالعه قرار نگرفته بود ازن در تصفیه پســاب ها کاربرد خود را نشــان داده بود اما باحضور گاز کلر و ارزان بودن و تهیه ســاده آن نســبت به کلر کاربرد ازن کاهش یافت. در دهه ۸۰ میلادی متوجه شــدند که وجود گاز کلــر ترکیبات زنجیری را به ترکیبات حلقوی تبدیل می کند با بروز این مشکل توجه دوباره به ازن جلب شد و کاربرد مطمئن آن ســبب گردید که در دهه ۸۰ کاربردهای دیگر این گاز مشخص شد که می توان از آن برای اکسیداســیون آهــن و منگنز موجود در آب که عناصر بسیار خطرناکی در آب های آشامیدنی هستند به کار رود(۴).

خواص ازن

۱. خواص فیزیکی

ازن گازی با چگالی ۱/۵ برابر اکسیژن که یکی از اشکال آلوتروپ اکسیژن است و گازی سمی و دارای نقطه جوش ۱۱۲- درجه سانتی گراد و بسیار ناپایدار است. این گاز در فاز گازی پایدار تر از حالت مایع است در حالت گازی بی رنگ و بی بو است و در حالت مایع به صورت آبی تیره دیده می شود(۵).

۲. خواص شیمیایی

در اکثر واکنش ها ازن به علت وجود پیوند دوگانه و خاصیت نوکلئوفیلی که دارد و این هسته خواهی خاصیت اکسیداسیون را به ازن می دهد . مکانیسم های مختلفی در مورد مکانیسم تجزیه این گاز وجود دارد ولی اکثراً پذیرفته اند که یون ها هیدروکسید در تجزیه ازن در حلال های آبی به صورت یک کاتالیست عمل می کند که می توان آن را بصورت زیر نشان داد :

$$O_3 + OH^- \longrightarrow O_2^- + HO2$$
$$O_2 + OH^- \longrightarrow HO_4^-$$
$$O_2 + 2OH^- \longrightarrow O_2 + 2O^- + H_2O$$

ازن نور مادون قرمز، مرئی و ماوراء بنفش را در طول موج های معین جذب می کند که طول موج ماکزیمم آن در حدود ۲۵۰۰ آنگستروم می باشد حلالیت آن در آب نسبت به اکسیژن ۱۲ برابر بیشتر است(۶).

واکنش های ازن

به سه صورت میتوان واکنش های ازن را بررسی نمود.

۱ . آغاز کننده ها

۲ . بازدارنده ها

۳ . تقویت کننده ها(۷)

آغاز کننده ها

این ترکیبات باید موادی باشند که به فرم پراکسید در محیط تولید شوند (O_2^{2-}) ترکیبات غیر آلی مانند هیدر پراکسیدها ، هیدروکسید و ترکیبات آلی مانند اسید فرمیک می توانند قادر به تولید این مواد باشند. اشعه ماوراء بنفش نیز می تواند این عوامل را به وجود آورد به همین علت که در هوایی ابری سوختگی پوست زیاد تر از هوای آفتابی است .

بازدارنده ها

باز دارنده ها موادی هستند که که می توانند یون هیدروکسیل رادیکال را مصرف کنند و مانع از تولید مجدد آنیون پر اکسید شوند. از باز دارنده موادی مانند الکل های نوع دوم و الکیل ها هستند که به راحتی رادیکال هیدروکسیل را مصرف می کنند.

تقویت کننده ها

همه مواد الی و غیر آلی که بتوانند رادیکال هیدروکسیل یا آنیون پر اکسید را تولید نمایند می توانند تقویت کننده واکنش ازن باشند این تقویت کننده شامل ترکیباتی مانند آریل، اسید فرمیک، اسید گلی اگزالیک و الکل های نوع اول می باشند(۸).

اندازه گیری گاز ازن

اندازه گیری ازن در فاز مایع

چون ازن جزو عوامل اکسیدکننده بسیار قوی می باشد باید متد انتخابی را با دقت فراوان انتخاب نمود زیرا معرف های به کار رفته به راحتی توسط ازن اکسید می شود و معرف های دیگری که توسط محصولات حاصل از تجزیه ازن نیز تولید شده به سادگی اکسید می شود. بنابر این بسته به روش های آنالیز که ممکن است رنگ سنجی یا الکترو شیمیایی باشد برای تعیین مقدار ازن هر اکسیدان دیگر نیز در روش های آنالیز دخالت می کنند و سبب خواندن مقداری بیش تر از واقعیت می شوند چون همیشه کل غلظت اکسیدان ها اندازه گیری می شود و این مقدار بسیار زیادتر از مقدار واقعی گاز ازن است به همین علت با انجام نکاتی این خطا را به حداقل برسانیم. این نکات به صورت زیر است:

۱) نمونه برداری را بایستی با دقت و بدون اختلاط و در لوله های در بسته انجام دهیم.

۲) برای از بین نرفتن ازن مستقیما گاز را وارد محلول می کنیم.

۳) زمان بین نمونه برداری و اندازه گیری بایستی کوتاه باشد.

۴) چون کار منوال(دستی) امکان خطا دارد سعی می کنیم که روش به صورت دستگاهی و اتوماتیک صورت گیرد(۹).

روش رنگ سنجی(ایندیگوتری سولفونات)

روش فوق توسط بدر (Beade) و هوگن (Hogen) برای کنترل آلودگی آب مورد استفاده قرار گرفت. روش بسیار دقیق و انتخابی و سریعی می باشد . یون های هیدروژن پر اکساید و منگنز و کلرید و محصولات حاصل از تجزیه ازن و اکسیداسیون های دیگر در این روش کم تر دخالت دارند در این روش مقدار ازن بایستی طوری انتخاب شود که بین ۲۰ تا ۹۰ درصد از معرف را بی رنگ نمایید محلول استوک با استفاده از فسفریک اسید غلیظ و تری فسفات ایندیگو پتاسیم آماده می گردد. پایداری محلول فوق در تاریکی تا ۴ ماه می باشد.

روش یدومتری

یون یدید در محلول پتاسیم یدید به وسیله ید اکسید می شود اسیدیته محلول فوق باید در پایین تر از ۲ تنظیم گردد. برای اندازه گیری ازن از یدید پتاسیم استفاده می شودکه می توان مقادیر مصرفی ازن را تعیین نمود زیرا ازن طبق واکنش زیر ید را آزاد می کند مقدار ید توسط تیو سلفات سدیم تیتر می شودکه مقدار ازن متناسب با مقدار ید آزاد شده می باشد.

$$O_3 + 2I^- + H2O \longleftrightarrow I_2 + 2OH^- + O_2$$

$$I_2 + 2S_2O_3 \longleftrightarrow 2I^- + S_4O_6^{-2}$$

با توجه به واکنش بالا قبل و بعد از تزریق ازن می توان مقادیر BOD۵ و COD وکشت میکروبی را انجام داد و تاثیرات ازن را بر این آب ها مشاهده نمود اما چون مقادیر آب این چشمه ها در طول سال تغییر می کند نسبت به کار رفته از گاز ازن مورد نیاز نیز تغییر خواهد نمود (۱۰).

اندازه گیری ید در فاز گازی

ازن را در فاز گازی نیز می توان اندازه گیری نمود. البته به طور غیر مستقیم ازن را می توان توسط گاز بی اثر از محلول خارج نمود و در فاز گازی توسط روش های جذب چون UV و کالری متری (رنگ سنجی) اندازه گیری کرد یا دوباره آن را وارد محلول نمود و توسط واکنش گر های رنگی مقدار آن را اندازه گیری نمود.

تولید ازن

ماده اولیه تولید ازن گاز اکسیژن می باشد واکنش کلی تولید ازن یک واکنش با آنتالپی منفی یعنی گرما زا است. به طور هر واکنشی که که بتواند اکسیژن رادیکال تولید کند می توان شرایط لازم برای تولید گاز ازن را داشته باشد منابع انرژی لازم برای انجام این واکنش یا به صورت(۱۱):

۱- الکترونی ۲- نوری .

مقایسه ازن در مقابل با سایر اکسید کننده ها

حال که کاربرد این ترکیب ساده و موثر مشاهده نمودیم باید آن را از لحاظ رفتار شیمیایی با سایر اکسید کننده های دیگر مقایسه کنیم. با توجه به تاثیرات منفی کلریناسیون کاربرد گاز ازن جای مناسب تری پیدا نموده است چون مخارج زیادتر، مصرف ازن از طریق رسوب دادن آهن و منگنز ،کنترل بو و مزه و داشتن خاصیت حذف رنگ و کمک نمودن به انعقاد جبران شده است(۱۲).

پتانسیل اکسیداسیون ازن ۲/۰۷ ولت در شرایط اسیدی و ۱/۲۴ ولت در شرایط بازی می باشد.

در جدول مقایسه ای بین انواع اکسید کننده ها صورت گرفته است.

باتوجه به جدول می توان گفت که گاز ازن می تواند تاثیر خوبی بر تصفیه آب داشته باشد با توجه به تجربیات که بر کارآیی ازن صورت گرفته است می توان کاربردهای گاز ازن را بر شمرد.

۱- بهبود در فرآیند انعقاد (زیرا بعد از ازن زنی هم ذرات دیگری که به صورت امولسیون از این حالت خارج می شوند و جرم این ذرات برای لخته شدن زیادتر می گردد و چون ازن یک واکنش رادیکالی انجام می دهد تولید ذرات بار دار می کند و این ذرات آماده برای عمل لخته شدن می باشند).

۲- اکسیداسیون آلاینده های آلی (مانند ترکیبات آروماتیک و فنلی و انواع ترکیبات ارگانو متالیک مانند حشره کش ها. این ترکیبات چون دارای حلقه هستند دارای پایداری زیادتری هستند و باید با اکسید کننده های قوی تری عمل تجزیه این مواد را انجام داد).

۳- اکسیداسیون مواد آلاینده با وزن مولکولی بالا (این مواد اکثرا رنگ ها و رزین ها را تشکیل می دهد که توسط یک اکسید کننده قوی کراکینگ می شود).

۴- از بین بردن میکروب ها و جلبک ها (یک ماده اکسنده قوی می تواند میکروب ها و جلبک ها را از بین ببرد و ساختمان آن ها را از متلاشی نمایید که نقش مهمی در گند زدایی آب های آشامیدنی می تواند داشته باشد).

۵- اکسیداسیون عوامل معدنی چون منگنز و آهن (بعضی عوامل معدنی در آب محلول هستند ولی با تغییر عدد اکسیداسیون می توان آن ها را ترسیب نمود).

البته با توجه به نوع آلاینده باید ازن را در مرحله مناسب اضافه نمود تا کارآیی آن افزایش یابد (۱۳).

در این پژوهش دو چشمه در اطراف مهاباد در نظر گرفته شده است:

۱- کانی سپی (منطقه جنوبی)

۲- کانی روستای توتانخاچ (منطقه شمالی)

در جداول زیر کمیت های شیمیایی و بیولوژیکی این آب ها تعیین شده است.

دستگاه ازناتور

دستگاهی که در این پژوهش مورد استفاده قرار می گیرد می تواند کمیتی برابر با ۲۵ میلی گرم ازن را در ساعت تولید نماید. برای تولید ازن از اکسیژن خالص استفاده می شود ولی باید قبل از ورود اکسیژن به دستگاه ازناتور رطوبت گاز

اکسیژن گرفته شود به همین منظور از یک محفظه رطوبت گیر از جنس سیلیکاژل استفاده می شود. سیلیکاژل می تواند رطوبت گاز اکسیژن را حذف کند البته پس از مدتی باید محفظه سیلیکاژل را باید عوض نمود. چون بعد از مدتی محفظه مورد استفاده از رطوبت اشباع شده و دیگر ظرفیت حذف رطوبت را ندارد.

برای انتشار خوب ازن در داخل آب از یک دیفیوزر (پخش کننده) استفاده می کنیم که به شکل سنگ متخلخل می باشد و امکان تماس ازن را به طور کامل در داخل آب ممکن می نماید. کلیه اتصالات مورد استفاده در این پژوهش از جنس شیشه می باشد که مقاومت مناسب را دارا است.

ضمناً برای اندازه گیری مقدار ازن از روش یدومتری استفاده می کنیم که بتوانیم ازن مازاد را تعین نماییم. ازن باقیمانده از واکنش را با یک سری اتصالات به دو ظرف حاوی یدید پتاسیم با غلظت مشخص هدایت می کنیم. سپس با تیتر کردن یدید پتاسیم توسط تیو سلفات سدیم مقدار ازن مصرفی را تعیین می کنیم.

برای حذف رطوبت گاز اکسیژن از فیلتر های مناسب جاذب رطوبت استفاده می کنیم و اگر احتمال آلودگی گاز به ترکیبات شیمیایی باشد از می توان از فیلترهایی که حاوی ذرات کربن فعال بصورت گرانول است نیز استفاده شود. در غیر این صورت خود گاز ازن تولید آلودگی می کند و به ناچار مقدار زیادتری گاز باید مصرف نمود. که سبب خطا در اندازه گیری می کند.

تجربی

اندازه گیری ازن

ازن و اکسید کننده های قوی می توانند یدید پتاسیم را در محلول آبی اکسید کنند و ید را آزاد نمایند. در این صورت مقدار ید آزاد شده را می توان توسط تیو سلفات سدیم تیتر نمود با توجه به واکنش پایین مقدار ید اندازه گیری شده متناسب با ازن مصرفی است (۱۴).

$$O_2 + 3I^- + H_2O \longleftrightarrow I_2 + 2OH^- + O_2$$
$$I_2 + 2S_2O_2 \longleftrightarrow 3I^- + S_4O_6^{-2}$$

تعیین تعداد کلی فرم

این دسته از میکروب ها که به کلی فرم ها مشهور هستند به طور کلی هوا زی می باشند و در شرایط اختیاری می توانند بی هوا زی باشند کلی فرم ها گرم منفی ، بدون اسپور و میله ای شکل هستند که می توانند در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در محیط مناسب که حاوی قند لاکتوز باشند به حیات خود ادامه دهند و گاز دی اکسید کربن که ناشی از تخمیر می باشد را تولید نمایند.

شناسایی و شمارش جلبک ها

جلبک ها موجوداتی هستند که دارای تنوع بسیار زیادی می باشند در گذشته که این تنوع قابل شناسایی نبود و کلیه این موجودات جلبک می گفتند بعضی از این گونه ها تا ۵۰ متر طول دارند و بعضی های دیگر را با میکروسکوپ با عدسی شیئی ۱۰۰ با مشاهده نمود و بعضی ها را نیز می توان با یک ذربین ساده مورد بررسی قرار داد اما در حال حاضر کلیه گونه موجود دسته بندی شده و نام های برای آن ها در نظر گرفته شده است.

تعین COD

۱۰۰ میلی لیتر از نمونه را انتخاب می کنیم و آن را به داخل بالنی که دارای مقادیری مروارید شیشه ای است اضافه می کنیم. سپس برای حذف مزاحمت های کلر ۰/۲ گرم سولفات جیوه را به بالن اضافه می کنیم بعد از به هم زدن محلول ۵ میلی لیتر محلول ۰/۲۵ نرمال بی کرومات پتاسیم را به بالن می افزاییم و سپس به آرامی ۱۵ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ حاوی سولفات نقره را اضافه می کنیم (در حالت افزایش باید محلول را نیز به بزنیم چون واکنش به شدت گرما زا است حتماً نکات ایمنی را رعایت می کنیم).

C = میلی لیتر نمونه به کار رفته

b = حجم سولفا ت مضاعف آهن و آمونیاک مصرف شده برای نمونه

a = حجم سولفا ت مضاعف آهن و آمونیاک مصرف شده برای شاهد

N = نرمالیته سولفات مضاعف آهن و آمونیاک

تعین BOD_5

برای تعین BOD_5 از یک دستگاه مخصوص ساخت آلمان استفاده می کنیم. ابتدا مقدار مشخص از نمونه را به داخل ظرف مناسب دستگاه قرار داده و یک عدد قرص سود را به آن اضافه می کنیم و درب شیشه را محکم می بندیم و در شروع دستگاه را صفر می کنیم و دستگاه را برای انجام واکنش در دمای مناسب که معمولا ۲۵ درجه سانتی گراد است در داخل انکوباتور قرار می دهیم. بعد از ۵ روز BOD_5 را یادداشت می کنیم(۱۵).

نتایج و بحث

نتایج حاصل را می توان در سه جهت بررسی نمود:

۱- تولید گاز ازن و عوامل موثر در بهینه سازی کارآمد بودن آن.

۲- ویژگی های نمونه های مورد آزمایش.
۳- نتایج حاصل از ازناسیون نمونه ها در مقادیر مختلف.

تولید گاز ازن و عوامل موثر در بهینه سازی کارآمد بودن آن

با توجه به جدول شماره (۲۰) مناسب ترین سرعت ورودی گاز اکسیژن ۲۳ میلی لیتر بر ثانیه می باشد و مناسب ترین زمان جهت تزریق ازن بین ۵۰ تا ۴۰۰ ثانیه تعین شده است. دلیل انتخاب این سرعت این است که در سرعت های بالاتر عملاً میزان تولید گاز ازن افزایش پیدا نمی کند و درسرعت های پایین تر نیز میزان تولید گاز ازن کاهش خواهد یافت.

دلیل استفاده از زمان بین ۵۰ تا ۴۰۰ ثانیه نیز به علت این است که که در زمان ها ی کمتر از ۵۰ ثانیه و بالاتر از ۴۰۰ ثانیه منحنی کالیبراسیون انحراف زیادی را از خود نشان می دهد.

علت این پدیده می توان به این صورت توجیه نمود که با افزایش سرعت جریان گاز اکسیژن زمان تماس لازم برای تاثیر تخلیه الکتریکی بر روی مولکول های اکسیژن کاهش می یابد و تعداد زیادی از مولکول های اکسیژن بدون تغییر از داخل دستگاه عبور می کنند و فرصت تبدیل به رادیکال آزاد را از دست می دهند.

که البته این مشکل به ظرفیت دستگاه و توانایی آن برمی گردد.

عوامل جنبی دیگری چون که بر نحوه تولید ازن موثر می باشد به قرار زیر است:

۱- عدم نوسان در جریان برق.
۲- عدم وجود آلاینده ها شیمیایی در گاز اکسیژن.
۳- عدم وجود رطوبت در گاز اکسیژن.
۴- عدم تغییر در جریان گاز ورودی.

ویژگی های نمونه های مورد آزمایش

برای نمونه برداری از ظرف مناسب و استریل که برای این نوع آزمایش های به کار می رود استفاده کردیم.که البته بعد از هر نوبت کلیه ظروف را با اتو کلاو کاملاً استریل نمودیم. چون نباید عوامل میکروبی در ظرف موجود باشد در غیر این صورت نتایج به خطا بسیار بالایی به دست خواهد آمد حتی در محل نموده برداری نیز باید از دستکش های استریل استفاده نماییم. البته برای تعیین COD, BOD_5 استریل بودن مهم نیست اما برای یک نواختی در این بررسی و حذف هر چه بیشتر عوامل خطا در این مراحل نیز از ظروف استریل استفاده کردیم.

نکته ای که قبلاً نیز اشاره شد در زمان نمونه برداری است زیرا بسته به شرایط محیطی میزان جلبک ها و میکروب ها دایماً در حال تغییر است و در دماهای بالا یعنی فصل گرما میزان فعالیت این عوامل خیلی زیاد است و در ماه های پر باران و دمای پایین فعالیت میکرو ارگانیسم پایین است.

به همین منظور برای تهیه نمونه های مورد آزمایش در یک زمان ۱۰۰ نمونه انتخاب گردید و نمونه ها در یخچال نگهداری شد تا در موقع آزمایش از آن ها استفاده گردد.

البته یخچال باید از عوامل دیگر که احتمال آلودگی را بر نمونه ها افزایش می دهند خالی گردد.

نتایج حاصل از ازناسیون نمونه ها در مقادیر مختلف

در این قسمت به بررسی نتایج حاصل از یافته ها میپردازیم.

با توجه به جدول های ۱۸ و ۱۹ متوجه می شویم که تاثیر ازن بر دیاتومه ها مقداری با سختی انجام می شود زیرا این نوع از جلبک ها دارای پوسته سیلیسی هستند و اکسیداسیون آن ها با گاز ازن به سختی صورت می گیرد. و در طول تزریق ازن برای نمونه (۱) به مقدار ۱/۵ میلی گرم در لیتر ازن حذف کامل صورت نگرفته اما در نمونه شماره (۲) چون مقدار دیاتومه کم تر می باشد توانستیم حذف کامل را انجام دهیم.

نوع دیگر جلبک ها که در این نوع آب های معدنی به مقدار زیاد وجود دارد کلرو فیسه ها هستند که با بررسی صورت گرفته با توجه به جداول ۱۶ و ۱۷ متوجه می شویم که در دوز ۱/۲۵ میلی گرم بر لیتر ازن به راحتی می توان کلروفیسه ها را حذف نمود این جلبک های سبز رنگ دارای جدار کلروپلاست هستند و نمی توانند در مقابل اکسیداسیون ازن مقاومت چندانی از خود نشان دهند و پوسته ی آن ها بسیار نرم است و دارای سطح پهن تری نسبت به دیاتومه ها می باشند وبه همین علت راحت تر از دیاتومه ها اکسید می شوند.

در جداول ۱۴ و ۱۵ شمارش کلی جلبک ها صورت گرفته است که جلبک های اکثرا شامل دیاتومه و کلروفیسه هستند و درصد کمی از کل جلبک ها از انواع دیگر می باشد که به به علت تعداد کم آن ها در مقادیر کمتر از ۱/۵ میلی گرم بر لیتر گاز ازن حذف خواهند شد .

برای کل جلبک ها تقریبا در حدود ۱/۵ میلی گرم بر لیتر گاز ازن لازم است تا کل مواد ارگانیسمی را حذف نماید که البته باز باید یاد آور شویم تعداد و غلظت این ذرات بستگی مستقیم به وضعیت آب و هوایی دارد تا هوا مساعد و دما به حد معتدل باشد رشد این ذرات نیز زیاد تر خواهد بود و برای حذف این ذرات مقادیر زیادتری گاز ازن لازم است.

نکته ی بعدی در مورد گند زدایی این آب ها می باشد چون این آب ها در محیطی کاملا آزاد هستند مکان بسیار خوبی برای رشد میکروب ها می باشند با توجه به جداول ۱۲ و ۱۳ متوجه می شویم که این آب ها دارای آلودگی بالایی هستند که با تزریق ۰/۴ میلی گرم بر لیتر می توان این آب ها را کاملاً استریل نمود و کلیه کلی فرم را حذف کرد. برای مقایسه فعالیت این باکتری ها باید به جداول ۸

و ۹ و ۱۰ و ۱۱ توجه نمود که مقادیر BOD_5 , COD را نشـان می دهند تا فعالیت سـوخت و سـاز این ذرات زیادتر باشـد مقدار اکسیژن زیادتری را مصرف می کنند و این نشـان می دهد کـه فعالیت میکروبی در این آب ها بالا می باشـد به همین علت با مشاهده ی افزایش COD, BOD_5 حتماً باید نسـبت بـه گندزدایی این آب ها قدام لازم صـورت گیردکه با توجه به جـداول ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱ مـی توان دید در حـدود ۱ میلی گرم بر لیتر می تـوان کاهـش کامـل COD,BOD_5 راانجـام داد.

نتیجه گیری کلی

مقادیر بالای COD باعث می شود که در ابتدای ازن صرف اکسیداسیون مواد آلی موجود گردد فرایند وقتی به سـمت گندزدایی پیش می رود که مواد آلی طبیعی در آب کاهش یابد و یا اکسـید شـده باشند و همچنین جلبک ها و میکروارگانیسـم ها بر روی کیفیت گند زدایی تأثیر مستقیم دارند به همین علت COD یکی از فاکتورهایی می باشـد که تاثیر مسـتقیم گاز ازن را بر حذف کلیه مواد آلاینده می توان مشاهده نمود. (جداول ۸ و ۹ و ۱۰ و ۱۱). BOD_5 که مقدار اکسیژن مصرفی بیولوژیکی را نشان می دهد و با حذف کامـل ترکیبات طبیعی می توان طبق جداول ۱۰ و ۱۱ مشـاهده کرد که با تزریق مقدار مناسب ازن BOD_5 کاملاً سیر نزولی را طی نموده است البته نکته ای که باید به آن توجه نمود این اسـت که تغییرات BOD_5 نسبت به COD شـدید تر است که می توان آن را به این صورت بیان نمود که در ابتدا مواد غیر قابل تجزیه در اثر اکسیداسـیون به مـواد قابل تجزیه تبدیل گشـته و این مواد دارای فعالیت بیولوژیکی می شـوند و می توانند در ابتدا مقدار BOD_5 را افزایش دهند و سـپس سـریعاً توسط ازن اکسید خواهند شـد و مقدار BOD_5 کاهش خواهد یافت. برای مقابله با این مشـکل باید زمان اکسیداسـیون را توسط ازن افزایش بدهیم که زمان تماس زیادتر این فعالیـت‌جانبـی‌ترکیبـات‌آلـی‌رازیـن‌مـی‌بـرد

تشکر و قدردانی

در انتها از تمامی عوامل فنی و آقای پور امجد و جناب مهندس سـرحدی و عوامل اجرایی دیگر که مرا در این امر یاری کردند کمال سپاس گذاری را دارم.

فهرست منابع

1.Books: Bruno Langlais David A. reckhow , Deborah R.brink, 1996. Ozone in Water Treatment Application And Engineering. Lewis Publisher.

2.Books: Masschelein.W.J,1982. Ozonization Wastwater Treatment, Wiley-Inter Science Publication.

۳.کتاب: علیدادی، ح.، مرتضوی، س. م، ضد عفونی کننده ها در تصفیه آب و فاضلاب، ۱۳۷۹، انتشارات شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان.

4.Congrees: American Water Work Association, 1992. Standard Method for the Examination of Water and Wastwater, 18 th ed,U.S.A.

5.Books: Knocke, W. R. ET. AL, 1990, Kinetics of Iron and Manganes by Alternative Oxidants, AWWA. Research Foundation Final Report.

6.Books: Paill And,H.ET.AL,1987, Application of Oxidation System to the Treatment of Natural Water,Ozone Sci. Engrg.

7.Books: Knocke, W. R. ET. AL, 1989, Soluble Manganeses Removal on Oxide-Coated Filter Media,Jour,AWWN,Vol.80 No.12,pp.65.

۸ .کتاب: دانشور، نظام الدین، شیمی آب، ۱۳۷۱، چاپ ، انتشارات عمیدی.

9.Books: Amoore,J.E,1990.The Chemistry and Physilogy of Order Sensitivity , Jour, AWWA, Vol.78,No .3 ,pp.70.

10.Journals: Glaze, W.H . ET. AL, 1990,Evaluating Oxidants for the Removal of Model Teste And Order Compounds Form a Municipal Water Supply, Jour. AWWA, Vol.87,No.5,pp .84-79.

11.Journals: Kato ,M . ET AL,1983, The Further Develoment in Ozone Application Technology in Potable Water, Ultaviolet or Ultra- sonic Assisted Ozonization , Water Supply ,Vol.6, pp. 34.

12.Journals: Monitiel ,A.J,1983 ,Municipal Drinking Water Treatment Procedure for Teaste And Order Abantment Review. Wtr. Sci. Tech. Vol.7/15.6 , pp.279.

13.Juornals: Yurteri , C., Gurol, M.D , 1988, Ozone Consumption in Natural Water, Effect of Back Ground Organic Matter, PH, And Carbonate Species, Ozone Sci. Engrg. Vol. 10. No. 277, pp.7.

۱۴.کتـاب: چالکـش امیری. محمد، اصـول تصفیه آب، ۱۳۸۱، چاپ سـوم، انتشارات ارکان.

۱۵.کتاب: ملک زاده. فریدون، شهامت. منوچهر، میکروبیولوژی عمومی،۱۳۷۱، چاپ دوم، انتشارات

ضمایم

جدول ۱ . مقایسه تاثیر اکسیداسیون گاز ازن با سایر اکسید کننده ها

ردیف	عامل اکسیداسیون	پتانسیل اکسیداسیون- ولت (محیط اسیدی)	پتانسیل اکسیداسیون نسبی کلر = ۱/۰
۱	فلوئور	۳/۰۳	۲/۲۳
۲	رادیکال هیروکسیل	۲/۸	۲/۰۶
۳	اکسیژن اتمی	۲/۴۲	۱/۷۸
۴	ازن	۲/۰۷	۱/۵۲
۵	پر اکسید هیدروژن	۱/۷۸	۱/۳۱
۶	رادیکال پر هیدروکسیل	۱/۷	۱/۲۵
۷	پرمنگنات	۱/۶۸	۱/۲۴
۸	دی اکسید کلر	۱/۵۷	۱/۱۵
۹	اسید هیپو کلرو	۱/۴۸	۱/۰۹
۱۰	اسید هیپو یدو	۱/۴۵	۱/۰۷
۱۱	کلر	۱/۳۶	۱/۰۰
۱۲	برم	۱/۰۹	۰/۸
۱۳	ید	۰/۵۴	۰/۳۹

جدول ۲ . آنالیز شیمیایی نمونه کانی سپی(منطقه جنوبی)

ردیف	کمیتهای مورد بررسی	نتایج	Test
۱	رسانایی آب	۹۵	Electrical conductivity(µs/cm)
۲	اسیدیته	۶/۸	pH
۳	کل مواد جامد در ۱۸۰ درجه سانتی گراد	۶۸/۵	Total Dissolved Solids at 180^{oC}
۴	بازی بودن نسبت به فنل فتالئین	۱۰	Alkalinity To phen-mg/liter($CaCo_3$)
۵	بازی بودن نسبت به متیل اورانژ	۵۵	Alkalinity To mety-mg/liter($CaCo_3$)
۶	سختی آب	۳۶	Total Hardness mg/l ($CaCo_3$)
۷	کلسیم	۲۲	Calciam mg/l Ca
۸	منیزیم	۵/۲	Magnesium mg/l Mg
۹	سدیم	۴/۶	Sodium mg/l Na
۱۰	کلرید	۵/۴	Chloride mg/l Cl
۱۱	سلفات	۱/۴	Sulphate mg/l So_4
۱۲	آمونیاک	۰/۰۱	Ammonia mg/l NH_3
۱۳	نیتریت	--	Nitrit mg/l NO_2
۱۴	نیترات	۶/۴	Nitrate mg/l NO_3
۱۵	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	۱۴	COD mg/l O_2
۱۶	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی	۷	BOD_5 mg/l O_2

جدول ۳ . آنالیز شیمیایی نمونه کانی کانی روستای توتانخاچ(منطقه شمالی)

ردیف	کمیتهای مورد بررسی	نتایج	Test
۱	رسانایی آب	۳۶۸	Electrical conductivity(µs/cm)
۲	اسیدیته	۷/۵	pH
۳	کل مواد جامد در ۱۸۰ درجه سانتی گراد	۳۵۲	Total Dissolved Solids at 180^{oC}
۴	بازی بودن نسبت به فنل فتالئین	--	Alkalinity To phen-mg/liter($CaCo_3$)
۵	بازی بودن نسبت به متیل اورانژ	۱۴۴	Alkalinity To mety-mg/liter($CaCo_3$)
۶	سختی آب	۱۴۵	Total Hardness mg/l ($CaCo_3$)
۷	کلسیم	۴۲	Calciam mg/l Ca
۸	منیزیم	۱۲/۲	Magnesium mg/l Mg
۹	سدیم	۲۵	Sodium mg/l Na
۱۰	کلرید	۱۰/۵	Chloride mg/l Cl
۱۱	سلفات	۲۱	Sulphate mg/l So_4
۱۲	آمونیاک	۰/۰۲	Ammonia mg/l NH_3
۱۳	نیتریت	۰/۰۱	Nitrit mg/l NO_2
۱۴	نیترات	۸/۵	Nitrate mg/l NO_3
۱۵	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	۱۳	COD mg/l O_2
۱۶	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی	۶	BOD_5 mg/l O_2

جدول ۴ . مشخصات بیو لوژیکی نمونه کانی سپی(منطقه جنوبی)

ردیف	ارگانیسم	شمارش در لیتر	Organism
۱	دیاتومه	۲۲۰	Diatomaceae
۲	گلروفیسه ها	۸۵	Chlorophyceae

جدول ۵ . مشخصات بیو لوزیکی روستای توتانخاچ(منطقه شمالی)

ردیف	ارگانیسم	شمارش در لیتر	Organism
۱	دیاتومه	۲۲۰	Diatomaceae
۲	گلروفیسه ها	۸۵	Chlorophyceae

جدول ۶ . نتایج آزمایشات میکربی نمونه کانی سپی(منطقه جنوبی)

شمارش احتمالی کلی فرم در ۱۰۰ میلی لیتر (MPN/100 ML)	۱۴
تعداد کشرشیا کلیE.Coli در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه	۳/۲

جدول ۷ . نتایج آزمایشات میکربی روستای توتانخاچ(منطقه شمالی)

شـمارش احتمالی کلی فرم در ۱۰۰ میلی لیتر (MPN/۱۰۰ ML)	۲۰
تعداد کشرشیا کلیE.Coli در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه	۷

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	COD(mg/l)	درصد حذف
خام	--	۱۳/۵	--
۱	۰/۲۵	۱۳/۴۸	۰/۱۴
۲	۰/۵۰	۱۱/۹۸	۱۱/۲۵
۳	۰/۷۵	۸/۹۸	۳۳/۴۸
۴	۱	۸/۴	۳۵/۵۵
۵	۱/۲۵	۶/۵	۵۱/۸۵
۶	۱/۵	۵	۶۲/۹۶

تغییرات COD در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	COD(mg/l)	درصد حذف
خام	--	۱۱/۵	--
۱	۰/۲۵	۱۰/۸	۶/۰۸
۲	۰/۵۰	۹/۱	۲۰/۸
۳	۰/۷۵	۷/۸	۳۲/۱
۴	۱	۶/۲	۴۶
۵	۱/۲۵	۴/۳	۶۲/۶
۶	۱/۵	۳/۸	۶۶/۹۵

تغییرات COD در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	BOD_5 (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۷/۸	--
۱	۰/۲۵	۶/۸	۱۲/۸
۲	۰/۵۰	۴/۸	۳۸/۴۶
۳	۰/۷۵	۲/۸	۶۴/۱
۴	۱	۰/۹	۸۸/۴۶
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

تغییرات BOD_5 در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	BOD_5 (mg/l)	درصد حذف
خام	--	۷	--
۱	۰/۲۵	۶	۱۴/۲۸
۲	۰/۵۰	۵	۲۸/۵۷
۳	۰/۷۵	۳	۵۷/۱۴
۴	۱	۱	۸۵/۷۱
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

تغییرات BOD_5 در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	محتمل ترین تعداد کلیفرم MPN	درصد حذف
خام	--	۲۳	--
۱	۰/۱	۱۷	۲۶
۲	۰/۲	۱۰	۵۶/۵
۳	۰/۳	۶	۷۳/۹
۴	۰/۴	۳	۸۶/۹
۵	۰/۵	۰	۱۰۰
۶	۰/۶	۰	۱۰۰

حذف کلیفرم ها در نمونه شماره(۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	محتمل ترین تعداد کلیفرمMPN	درصد حذف
خام	--	۱۷	--
۱	۰/۱	۱۰	۴۱
۲	۰/۲	۶	۶۴/۷
۳	۰/۳	۳	۸۲/۳
۴	۰/۴	۲	۸۸/۲
۵	۰/۵	۰	۱۰۰
۶	۰/۶	۰	۱۰۰

حذف کلیفرم ها در نمونه شماره(۲)

شماره نمونه	(ppm) مقدار ازن تزریقی	شمارش کلی جلبکها	درصد حذف
خام	--	۱۴۵۳	--
۱	۰/۲۵	۱۳۴۵	۶/۷
۲	۰/۵۰	۹۴۶	۳۴/۸۹
۳	۰/۷۵	۵۹۳	۵۹
۴	۱	۳۰۴	۷۹
۵	۱/۲۵	۱۴۲	۹۰/۲
۶	۱/۵	۹	۹۹/۳۸

شمارش کلی جلبکها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۱)

شماره نمونه	(ppm) مقدار ازن تزریقی	شمارش کلی جلبکها	درصد حذف
خام	--	۴۳۰	--
۱	۰/۲۵	۳۵۵	۱۷/۴
۲	۰/۵۰	۲۸۰	۳۴/۸۸
۳	۰/۷۵	۱۶۰	۶۲/۷۹
۴	۱	۹۰	۷۹
۵	۱/۵	۰	۱۰۰

شمارش کلی جلبکها در اثر ازناسیون در نمونه شماره (۲)

شماره نمونه	(ppm) مقدار ازن تزریقی	شمارش کلروفیسه ها	درصد حذف
خام	--	۳۲۰	--
۱	۰/۲۵	۲۲۰	۳۱/۲۵
۲	۰/۵۰	۱۲۵	۶۰/۹۳
۳	۰/۷۵	۷۲	۷۷/۵
۴	۱	۱۲	۹۵/۲۵
۵	۱/۲۵	۰	۱۰۰
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

حذف کلرفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره(۱)

شماره نمونه	(ppm) مقدار ازن تزریقی	شمارش کلروفیسه ها	درصد حذف
خام	--	۱۳۱	--
۱	۰/۲۵	۱۰۶	۱۹/۰۸
۲	۰/۵۰	۸۱	۳۸/۱۶
۳	۰/۷۵	۶۲	۵۲/۶۷
۴	۱	۳۶	۷۲/۵۱
۵	۱/۲۵	۷	۹۴/۶۵
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

حذف کلرفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه شماره(۲)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه ها	درصد حذف
خام	--	۱۳۰۰	--
۱	۰/۲۵	۱۲۰۰	۷/۶
۲	۰/۵۰	۹۰۰	۳۰/۷۶
۳	۰/۷۵	۶۰۰	۵۳/۸۴
۴	۱	۳۵۰	۷۳
۵	۱/۲۵	۲۰۰	۸۴/۶۱
۶	۱/۵	۸۰	۹۳/۸۴

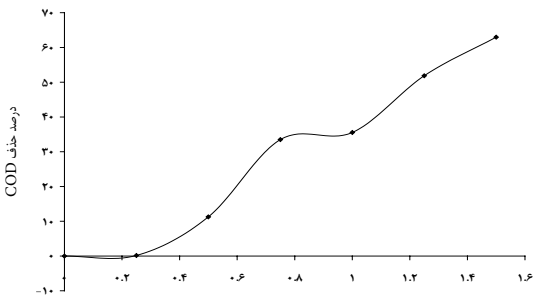
حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه شماره(۱)

شماره نمونه	مقدار ازن تزریقی (ppm)	شمارش کلروفیسه ها	درصد حذف
خام	--	۳۲۰	--
۱	۰/۲۵	۲۷۰	۱۵/۶۲
۲	۰/۵۰	۲۲۰	۳۱/۲۵
۳	۰/۷۵	۱۳۰	۵۹/۳۷
۴	۱	۵۵	۸۲/۸۱
۵	۱/۲۵	۱۲	۹۶/۲۵
۶	۱/۵	۰	۱۰۰

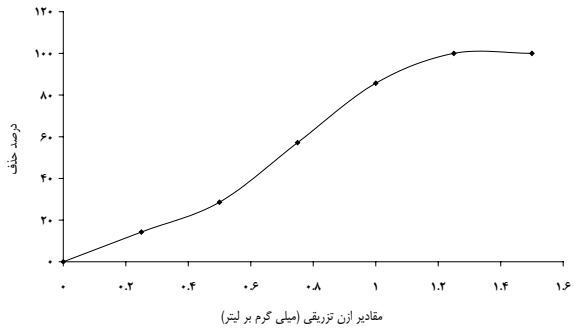
حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه شماره(۲)

شماره نمونه	زمان تزریق ازن(Sec)	سرعت جریان گاز اکسیژن(ml/s)	ازن تولیدی(mg)
۱	۰	۰	۰
۲	۰/۰۵	۲۳	۱۰
۳	۰/۰۸	۲۳	۲۰
۴	۰/۱	۲۳	۳۰
۵	۰/۲	۲۳	۵۰
۶	۰/۵۳	۲۳	۱۲۰
۷	۰/۷	۲۳	۱۷۰
۸	۰/۹	۲۳	۲۱۰
۹	۱/۱۵	۲۳	۲۶۰
۱۰	۱/۴۳	۲۳	۳۳۰
۱۱	۱/۴۵	۲۳	۳۵۰
۱۲	۱/۴۵	۲۳	۴۰۰
۱۳	۱/۴۵	۲۳	۴۲۰

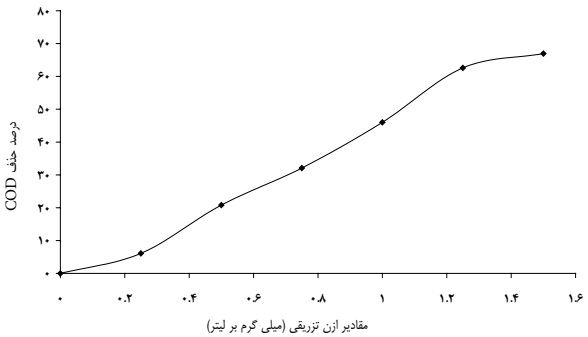
میزان ازن تولیدی دستگاه در زمانها مختلف



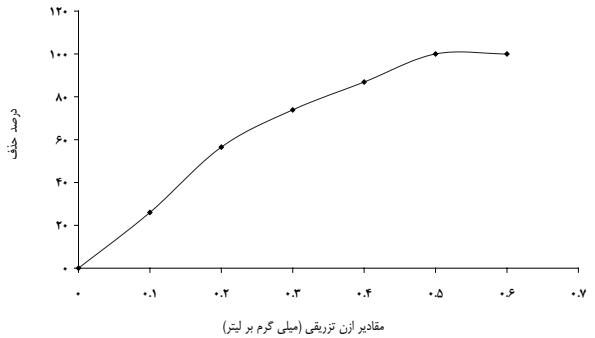
نمودار۱ . میزان کاهش COD در اثر تزریق ازن به نمونه (۱)



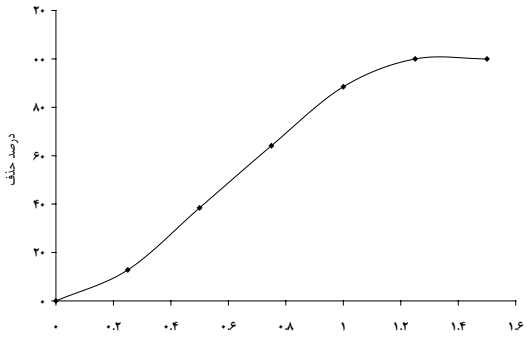
نمودار۴ . تغییرات BOD در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



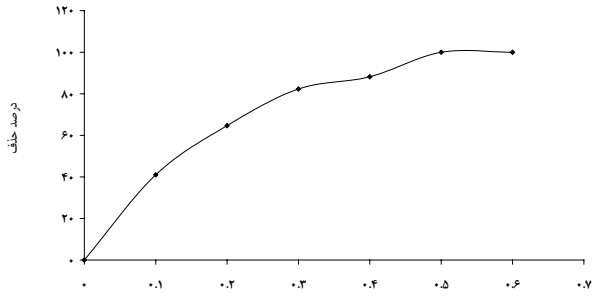
نمودار۲ . میزان کاهش COD در اثر تزریق ازن به نمونه (۲)



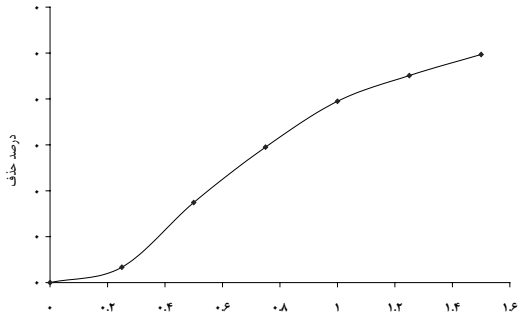
نمودار۵ . حذف کلیفرم در نمونه (۱)



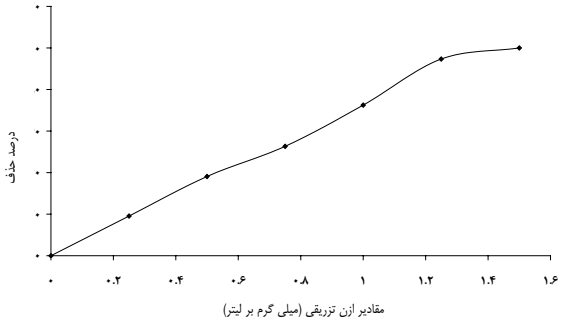
نمودار۳ . تغییرات BOD در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



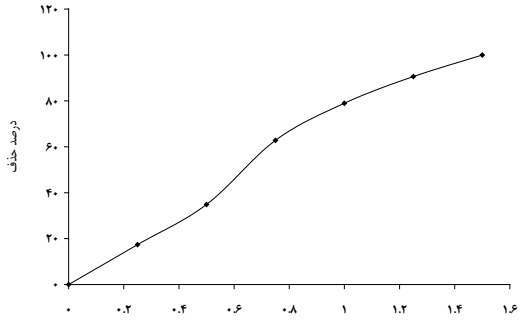
نمودار۶ . حذف کلیفرم در نمونه (۲)



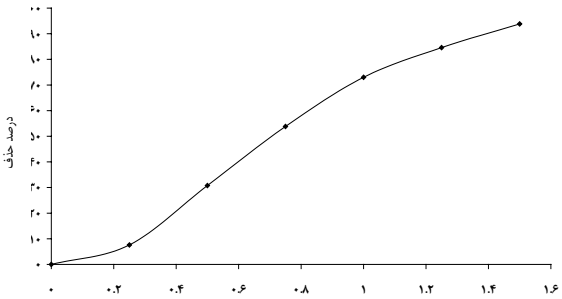
نمودار۷ . شمارش کلی جلبک ها در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



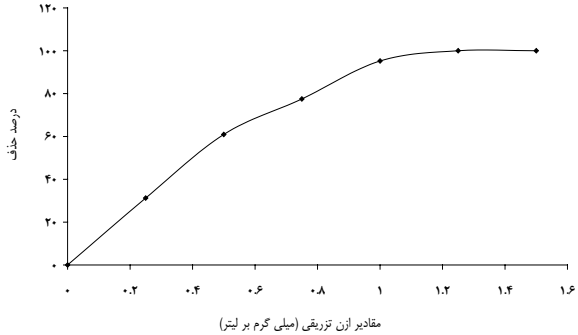
نمودار۱۰ . حذف کلروفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



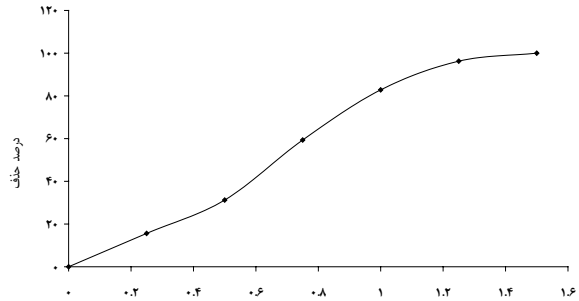
نمودار۸ . شمارش کلی جلبک ها در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



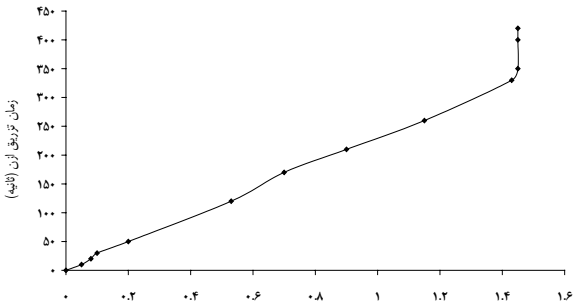
نمودار۱۱ . حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



نمودار۹ . حذف کلروفیسه ها در اثر ازناسیون در نمونه (۱)



نمودار۱۲ . حذف دیاتومه در اثر ازناسیون در نمونه (۲)



نمودار۱۳ . میزان ازن تولیدی دستگاه در زمان های مختلف