

اثر پلیمرها در تصفیه پساب صنایع سلولوزی و مقایسه آنها با

منعقدکننده‌های شیمیایی

The Effect of Polymers on the Cellulose Wastewater Treatment and Their Comparison with Chemical Coagulants

حسین گنجی دوست^۱، منوچهر وثوقی^۲، یثا آبی^۳

۱ و ۲- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، صندوق پستی ۱۴۳-۱۹۱۵۵-۲- دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی

دریافت: ۱۳۸۷/۹/۲۴ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۲۴

چکیده

پلیمرها در مقایسه با منعقدکننده‌های شیمیایی در سالهای اخیر بطور گسترده برای تصفیه پسابها مورد استفاده قرار گرفته و قابلیت‌های جالبی در حذف آلاینده‌ها نشان داده‌اند. هدف این پژوهش، بررسی اثر پلیمرهای طبیعی و سنتزی در مقایسه با منعقدکننده‌های شیمیایی از لحاظ حذف اکسیژن خواهی شیمیایی، کدورت و رنگ از پساب کارخانه فیبر ایران و انتخاب بهترین منعقدکننده بوده است. با توجه به ویژگیها و نار آلی پساب تولیدی، انتخاب روش مناسب تصفیه به منظور کاهش و حذف آلاینده‌ها قبل از ورود به محیط زیست ضروری است. بررسیهای انجام شده روی پساب این کارخانه با غلظت اکسیژن خواهی شیمیایی تنظیم شده حدود 400 mg/L حاکی از آن است که کیتوسان با حداکثر حذف به ترتیب 19.46 و 50 درصد اکسیژن خواهی شیمیایی، کدورت و رنگ و حداقل مصرف از بین منعقدکننده‌های پلیمری و نیز آمک با حذف به ترتیب 34.57 و 40 درصد از COD، کدورت و رنگ از بین منعقدکننده‌های شیمیایی بهترین منعقدکننده‌اند.

واژه‌های کلیدی: انعقاد و لخته‌سازی، پلیمر طبیعی و سنتزی، منعقدکننده شیمیایی، پساب، کیتوسان

Key Words: coagulation and flocculation, natural and synthetic polymer, chemical coagulants, wastewater, chitosan

مقدمه

توجه جدی به تصفیه پسابهای صنعتی در کشوری مانند ایران امری ضروری است، زیرا علاوه بر مشکل کم آبی، اکثر پسابهای صنعتی آن بطور مستقیم یا پس از تصفیه ناقص به محیط بویژه آبها تخلیه شده و باعث ایجاد ضایعات جبران ناپذیر به محیط زیست می‌شوند. تصفیه شیمیایی یکی از انواع روشهای تصفیه پسابهاست که از سال ۱۹۷۷ بطور وسیع به عنوان ابزاری برای کمک به احداث تأسیسات ته‌نشینی اولیه (مرحله اساسی تصفیه پساب به روش فیزیکی - شیمیایی) و نیز حذف فاسر مطرح شده است [۱]. در این روش از

امروزه، رشد جمعیت همراه با توسعه صنعتی و اقتصادی مشکلات زیادی را برای بشر بوجود آورده که آلودگی محیط زیست به شکلهای مختلف از جمله آلودگی هوا، آب و خاک از پیامدهای آن است. با توجه به افزایش روز افزون کمی و کیفی این آلاینده‌ها دیگر نمی‌توان فقط به خودپالایی طبیعت اتکا کرد، از این رو طراحی و راه‌اندازی سیستمهای کاهش بار آلی الزامی است.

ایمین (PEI) و محصول پلیمر شدن تراکمی هگزامتیلن دی آمین و اپی کلروهیدرین (HE) در pH حدود ۶. این تحقیقات حاکی از اثر ضعیف پلیمر غیر یونی پلی آکریل آمید (PAM) در مقایسه با پلیمرهای کاتیونی PEI و HE است [۵].

- حذف ۹۵ درصد رنگ به وسیله پلی الکترولیت‌های آلی [۷].
- حذف ۷۰ درصد اکسیژن خواهی شیمیایی، (chemical oxygen demand, COD) به کمک پلی اتیلن آمین [۸].

منعقدکننده‌های شیمیایی

- حذف ۸۰ درصد رنگ و ۴۰ درصد TOC به وسیله آلوم [۵].
- حذف ۷۰ درصد رنگ و ۸۰ درصد COD از فاضلاب قلیایی به کمک ۲۰۰۰ ppm آهک [۹].
- حذف ۹۰ درصد الیاف و ۸۰ درصد COD از فاضلاب الیاف دار به کمک ۴۰۰ ppm آلوم [۹].

به همین دلیل و با توجه به ویژگی و بار آلی پساب تولیدی کارخانه فیبر ایران، یکی از صنایع آلوده کننده دریاچه خزر، انتخاب روش مناسب تصفیه برای کاهش و حذف آلاینده‌ها قبل از تخلیه ضروری است که موضوع مورد بررسی در این پژوهش بوده است. این واحد صنعتی در حال حاضر حدود $70 \text{ m}^3/\text{day}$ پساب تولید می‌کند که pH اسیدی، COD و کل مواد جامد (total solids, TS) زیاد آن، تهدیدی جدی برای محیط زیست منطقه بحساب می‌آید. با توجه به ویژگی پساب، تصفیه شیمیایی به کمک منعقدکننده‌های شیمیایی و پلیمری به عنوان روشی مناسب در این پژوهش انتخاب شده است.

تجربوی

مواد

سولفوریک اسید برای کاهش و تنظیم pH تا میزان مورد نظر (مرکز)، سود یک نرمال برای افزایش و تنظیم pH تا میزان مورد نظر (مرکز)، پلیمرهای سنتزی شامل موارد زیر:

- HE ستر شده به روش Noda (ژاپن)،
 - PEI از Badische Aniline و Suda-Fabric (آلمان)،
 - PAM از Mitsui Cyanamid (ژاپن)،
 - پلی الکترولیت از صنعت چوب و کاغذ ایران (چوکا)،
 - پلیمر آنیونی از شرکت پارس خودرو (تهران) و
 - پلیمر کاتیونی طبیعی کیتوسان (ژاپن).
- انواع مواد منعقدکننده شامل آهن (III) کلرید، آهن (II) سولفات،

واکنشهای شیمیایی برای حذف یا تبدیل عوامل آلاینده استفاده می‌شود که دارای انواع مختلف تبادل یون، کاهش و رسوب سازی، لخته سازی، جذب و اکسایش است [۲].

مداولترین روش تصفیه شیمیایی، انعقاد و لخته سازی است که در آن از منعقدکننده‌ها برای کمک به رسوب دهی و صاف کردن در حذف مواد معلق یا کلوئیدی موجود در پسابها استفاده می‌شود، زیرا ذرات باد شده به علت سبکی و دارا بودن بار هم نام، ته نشین نشده و در نتیجه با فرایندهای معمولی حذف نمی‌شوند. به همین دلیل، مواد منعقدکننده با مکانیسمهای خاصی باعث بهم چسبیدن ذرات سبک و تشکیل ذرات سنگینتر و در نتیجه ته نشین شدن آنها می‌شوند [۲].

استفاده از مواد منعقد کننده فلزی از سال ۱۸۸۰ میلادی در ایالات متحده آمریکا آغاز شده است. در سال ۱۹۳۰، کاربرد سیلیکای فعال که نوعی پلیمر آنیونی است به عنوان کمک منعقدکننده مطرح شد. سپس در سال ۱۹۶۰، پلی الکترولیت‌های سنتزی وارد بازار شدند که این مواد قابلیت‌های جالبی در حذف کدورت نشان می‌دهند و در حال حاضر به علت کارآیی زیاد به عنوان منعقدکننده و کمک منعقدکننده کاربرد گسترده‌ای دارند [۳]. اغلب این مواد بر پایه پلی آکریل آمیدند که در ظاهر غیر یونی است، اما با وجود مزایایی که نسبت به پلیمرهای آلی - طبیعی دارند، به دلیل آثار سوء بر سلامتی انسان، کاربرد آنها در بسیاری از کشورها ممنوع شده است [۴]. به همین دلیل، در سالهای اخیر گرایش بیشتری به استفاده از پلیمرهای آلی - طبیعی به جای مواد سنتزی دیده می‌شود، زیرا این منعقدکننده‌ها زیست تخریب پذیرند و باقیمانده آنها در آب و بدن مصرف کننده عوارضی را ایجاد نمی‌کند و از این نظر بر پلیمرهای سنتزی برتری دارند [۳]. بنابراین، بطور کلی مواد منعقدکننده به دو گروه معدنی و آلی تقسیم می‌شوند که تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه‌های مختلف از جمله اثر آنها بر تصفیه پسابهای صنعتی صورت گرفته است. برخی از تجربیاتی که در سالهای اخیر در بررسی انواع پلیمرهای طبیعی و سنتزی و منعقدکننده‌های شیمیایی در صنعت چوب و کاغذ بدست آمده در این مقاله ارائه می‌شود.

پلیمرهای طبیعی

- حذف ۹۰ درصد رنگ و ۷۰ درصد از کل کربن آلی، (total organic carbon, TOC) به وسیله پلیمر کاتیونی کیتوسان به علت حذف لیگنین [۵].
- حذف بیش از ۹۵ درصد کلروفنول به کمک ۲ ppm کیتوسان [۶].

پلیمرهای سنتزی

- حذف ۸۰ درصد رنگ و ۳۰ درصد از TOC به وسیله پلی اتیلن

بالا بودن COD قبل از انجام آزمایشها، پساب تا 2000 mg/L COD = رقیق شد. سپس، آزمون جار در شرایط زیر صورت گرفت:
 ۱- تمام واکنشها در دمای معمولی ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) انجام شد، زیرا دما یکی از عوامل مؤثر بر چگالی، گرانی و در نتیجه میزان باقیمانده مواد منعقدکننده در محلول است.

۲- زمان اختلاط سریع یک دقیقه با سرعت 150 rpm ، زمان اختلاط آهسته ۲۰ دقیقه با سرعت 20 rpm و زمان ته نشینی نیم ساعت برای کلیه آزمایشها ثابت در نظر گرفته شد.

آزمایشهای بررسی اثر عوامل مختلف به ترتیب زیر انجام گرفت:

اثر pH های مختلف پساب در غلظت ثابت منعقدکننده

هدف از این مرحله تعیین pH بهینه بود که پس از تنظیم آن به کمک سولفوریک اسید و سود و انجام آزمایش، پارامترهای COD، کدورت و pH اندازه گیری شد که پس از تعیین درصد حذف، pH بهینه معین گردید.

اثر غلظتهای مختلف منعقدکننده در pH بهینه بدست آمده

این مجموعه آزمایشها به منظور تعیین غلظت بهینه منعقدکننده انجام شد. برای انجام این کار، ابتدا pH به کمک سود یا سولفوریک اسید به میزان تعیین شده در مرحله اول رسانیده شد. پس از آن، مقادیر مختلف منعقدکننده به نمونه اضافه گردید. پس از پایان آزمون جار، پارامترهای COD، کدورت و pH معین و میزان درصد حذف محاسبه شد. در مرحله آخر غلظت بهینه مصرف منعقدکننده بدست آمد.

تعیین بهترین ماده منعقدکننده

پس از مشخص شدن شرایط بهینه برای یک منعقدکننده، پارامترهای TS، رنگ و حجم لجن تولید شده اندازه گیری شد تا بهترین ماده منعقدکننده از مقایسه پنج پارامتر، یعنی میزان حذف COD، کدورت، TS، رنگ و ارتفاع لجن تولیدی معین گردد.

استفاده همزمان از منعقدکنندهها

پس از تعیین شرایط بهینه برای هر منعقدکننده، بررسیهایی در مورد اثر

جدول ۱ - متوسط پارامترهای پساب خروجی کارخانه فیبر ایران.

پارامتر	مقدار
pH	۵/۵
(mg/L) COD	۶۰۰۰
(mg/L) BOD _۵	۶۰۰
(mg/L) TS	۴۶۰۰
(mg/L) MLSS	۲۵۰۰

مدیم کربنات از شرکت مرک، نقره سولفات و سولفوریک اسید برای تهیه محلول کاتالیزور در آزمایش تعیین COD و جیوه سولفات، پتاسیم کرومات و سولفوریک اسید برای تهیه محلول هضم در آزمایش تعیین COD و آهنک و آلوم از بازارهای داخلی.

دستگاهها

دستگاههای بکار رفته در این پژوهش عبارتند از:

- آزمون جار مدل AQUALYTIC با بیج قابل تنظیم دور موتور از 150 rpm - 1 و پردهای همزن از جنس فولاد زنگ نزن با شش مخزن یک لیتری و زمان سنج جهت تنظیم زمان مورد نظر ساخت سوئیس.
 - نکان دهنده مدل GFL ۱۰۸۳ برای انجام آزمون جار در مقیاس کوچک.

- رنگ سنج مدل VO ۶۱۱-A ساخت Hellige Tester با صافیهای شماره $2/5, 5/5, 10/5, 15/5, 20/5, 25/5$ (Hazen).
 - راکتور COD با ۱۶ جا لوله برای تعیین COD به روش آمپول ساخت Hatch.

- طیف نورسنج عفریه ای برای اندازه گیری COD و کدورت (اندازه گیری میزان جذب) ساخت Milton Roy.

- pH متر با الکترود رقمی ساخت Metrohm.

- سائریفوز برای جداسازی ذرات معلق و کلویدی از محلول مدل Sigma.

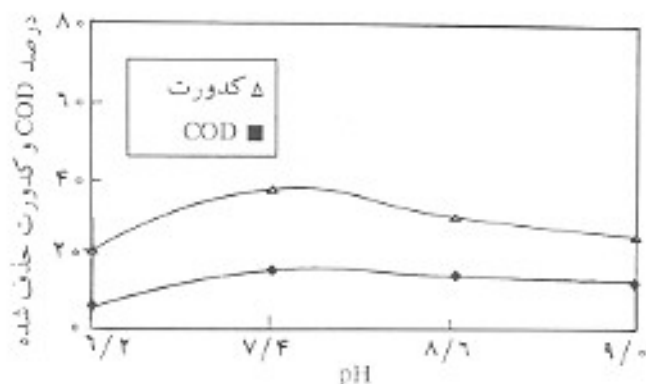
- میکروپیپت با قابلیت برداشت محلول از 100 تا $1000 \mu\text{L}$ ساخت آلمان غربی.

- ترازو با دقت 0.0001 g با حداکثر وزن قابل اندازه گیری 160 g برای توزین مواد شیمیایی مصرفی و بوتلهای چینی (IS) مدل Sartorius.

روشها

کلیه آزمایشهای انجام شده در این پژوهش بر اساس کتاب استاندارد آزمایشهای آب و فاضلاب بوده است [۱۰].

برای بررسی روش تصفیه شیمیایی پساب کارخانه بطور متوسط هر دو هفته یکبار از پساب خروجی کارخانه به میزان مورد نیاز به آزمایشگاه مهندسی محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس منتقل شد [۱۱]. در این آزمایشگاه پس از تعیین پارامترهای مختلف مانند pH، COD، اکسیژن خواهی زیستی (biological oxygen demand, BOD) و TS و مواد معلق در مایع مخلوط (mixed liquor suspended solids) MLSS، آزمایشهای انعقاد و لخته سازی روی پساب انجام گرفت (جدول ۱). با توجه به تغییرات ناچیز COD پساب مورد استفاده، طی کار مشکلی از لحاظ تغییر ویژگیهای پساب وجود نداشت، ولی به دلیل



شکل ۲- اثر سود پکت نرمال در pH های مختلف.

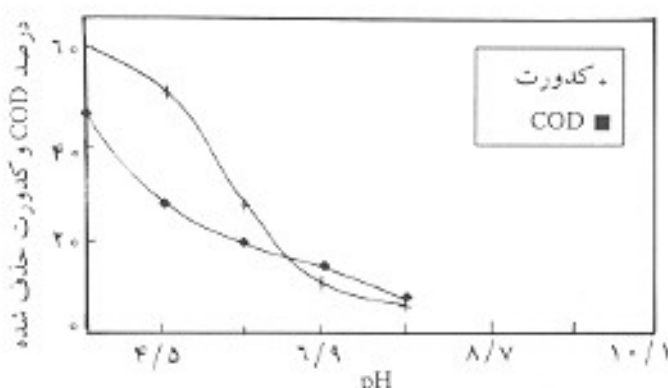
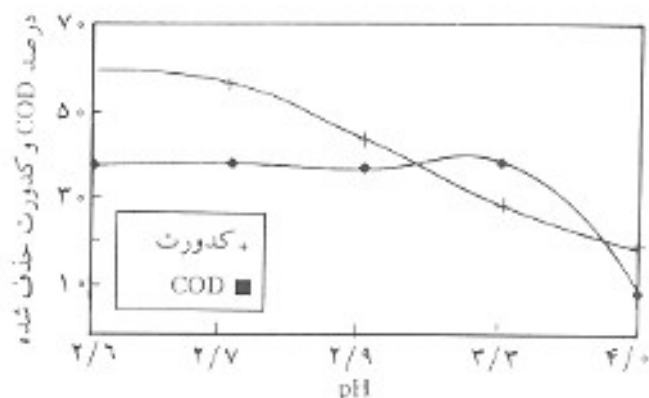
بررسی اثر سود

برای انجام آزمایشها از سود برای افزایش و تنظیم pH استفاده می‌شود که برخلاف سولفوریک اسید، رنگ پساب را افزایش می‌دهد. به همین دلیل، در ادامه تحقیقات ضمن بررسی تأثیر این ماده در حذف COD و کدورت، آزمایشهایی درباره استفاده همزمان آن با منعقدکننده‌ها انجام می‌شود که نتایج آن با توجه به شکل ۲ به صورت زیر خلاصه می‌گردد: در $\text{pH} = 7/4$ مقدار 400 ppm سود با حذف ۱۵ درصد COD و ۳۷ درصد کدورت به عنوان pH بهینه در نظر گرفته می‌شود و مشاهده می‌گردد که با مصرف بیشتر سود میزان حذف COD و کدورت کاهش می‌یابد.

بررسی اثر کیتوسان

تعیین pH بهینه

به علت بازده زیاد کیتوسان در حذف پارامترهای مورد نظر [۵] این پلیمر در pH های مختلف در غلظت کم 1 ppm بررسی می‌شود. طبق شکل ۳ بهترین درصد حذف در $\text{pH} = 3/1$ و سیس $4/5$ است که می‌تواند به علت اثر سولفوریک اسید باشد، بنابراین $\text{pH} = 5/2$ با

شکل ۳- تعیین pH بهینه کیتوسان در غلظت ثابت 1 ppm پلیمر.

شکل ۱- اثر سولفوریک اسید در pH های مختلف.

کاربرد توأم دو منعقدکننده که دارای pH بهینه نزدیک به هم بودند صورت گرفت. هدف از این مرحله مقایسه بازده دو منعقدکننده توأم با بازده هر یک از آنها به تنهایی بود.

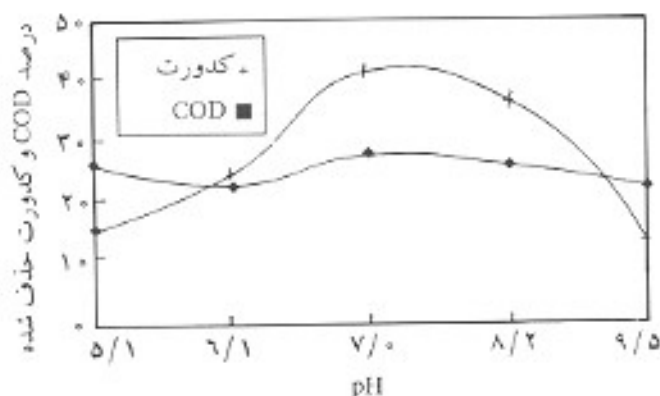
نتایج و بحث

با توجه به کاربرد سولفوریک اسید و سود برای تنظیم pH و اثر آنها در حذف آلاینده‌ها و اینکه کیتوسان و آهک به ترتیب بهترین منعقدکننده پلیمری و شیمیایی بودند، نمودارهای حاصل از آزمون جار برای آنها مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی اثر سولفوریک اسید

برای انجام آزمایشها، از سولفوریک اسید برای کاهش و تنظیم pH استفاده می‌شود. به علت خاصیت رنگبری این ماده بررسی بیشتری برای تعیین میزان حذف پارامترها صورت می‌گیرد تا اثر آن در کاربرد توأم با سایر منعقدکننده‌ها مشخص شود.

برای این منظور پس از افزودن مقادیر مختلف سولفوریک اسید به پساب و انجام آزمون جار، نمونه برداری جهت اندازه‌گیری COD و کدورت صورت می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، $\text{pH} = 3/3$ با حذف حدود ۴۰ درصد از COD و ۳۰ درصد از کدورت به عنوان pH بهینه در مصرف سولفوریک اسید انتخاب می‌شود. با وجود اینکه در pH پایینتر، COD و کدورت پساب کاهش بیشتری دارد (حذف رنگ اختلاف چندانی ندارد)، ولی به دلیل مصرف کمتر اسید به میزان 730 ppm ، انتخاب $\text{pH} = 3/3$ از لحاظ اقتصادی با صرفه‌تر خواهد بود.

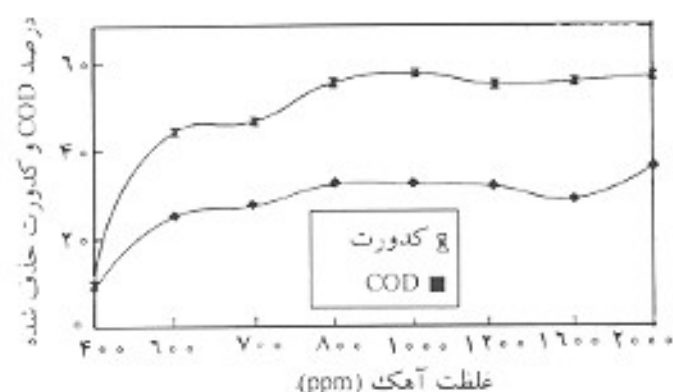


شکل ۵. تعیین pH بهینه آهک در غلظت ثابت ۶۰۰ ppm.

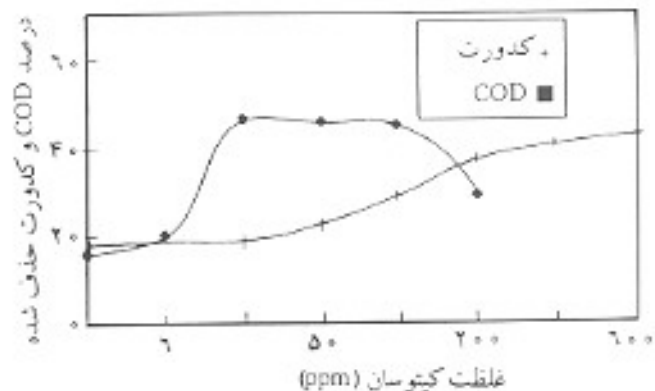
در آن نتایج کاربرد کلیه منعقدکننده‌های بررسی شده و اثر آنها در حذف COD، کدورت، TS و رنگ و همچنین مقدار لجن تولیدی آمده است، بطور خلاصه می‌توان موارد زیر را نتیجه گرفت:

۱- همه منعقدکننده‌ها، COD را حذف می‌کنند و بهترین آنها با اختلاف ناچیز در حذف پارامتر یادشده، پلیمرهای PEI و HE هستند و پلیمر PAM و کیتوسان در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت، با چشم‌پوشی از پلیمر آنیونی، پلیمرها بهتر از منعقدکننده‌های شیمیایی COD را کاهش می‌دهند که این امر می‌تواند به جرم مولکولی بالای آنها و نوع مکانیسم واکنش انجام شده مربوط شود. در بین منعقدکننده‌های شیمیایی نیز سولفوریک‌اسید بهترین بازده را داشته و آهک، آهن(II) سولفات و آهن(III) کلرید در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

۲- همه منعقدکننده‌ها بجز سدیم کربنات، کدورت محیط را کاهش می‌دهند و از بین آنها پلیمر HE و سپس PEI و آلوم بهترین حذف‌کننده‌های کدورتند و پلیمر PAM و آهک بعد از آنها قرار دارند.



شکل ۶. تعیین غلظت بهینه آهک در pH بهینه ۷/۰.



شکل ۴. تعیین غلظت بهینه کیتوسان در pH بهینه ۵/۲.

حذف به ترتیب ۱۶ و ۲۵ درصد COD و کدورت به عنوان pH بهینه انتخاب می‌شود.

تعیین غلظت بهینه

براساس شکل ۴، کاهش میزان COD پساب تا غلظت ۱۰۰ ppm از پلیمر، سیر صعودی و بالاتر از آن سیر نزولی دارد. در نهایت از غلظت ۲۰۰ ppm به بالا، COD پساب پس از واکنش افزایش می‌یابد. در خصوص کدورت، تنها افزایش درصد حذف مشاهده می‌شود. با توجه به این مطلب و نزدیک بودن میزان حذف ۱۲ ppm و ۵۰ ppm، غلظت ۱۲ ppm با یک چهارم مصرف و با حذف ۴۶ درصد از COD و ۱۹ درصد از کدورت به عنوان غلظت بهینه انتخاب می‌شود.

بررسی اثر آهک

تعیین pH بهینه

نتایج بررسی‌ها حاکی از این واقعیت است که در غلظت ثابت ۶۰۰ ppm آهک و در تمام pHها حذف COD صورت می‌گیرد. بنابراین، طبق شکل ۵، pH به عنوان pH بهینه انتخاب می‌شود، زیرا حداکثر حذف COD و کدورت به ترتیب به میزان ۲۸ و ۴۲ درصد در آن اتفاق می‌افتد.

تعیین غلظت بهینه

شکل ۶ نشان دهنده میزان حذف مقادیر ثابتی از COD و کدورت از غلظت ۸۰۰ ppm آهک به بعد در pH = ۷/۰ است. بنابراین، غلظت ۸۰۰ ppm که مقدار کمتری آهک مصرف می‌کند، با حذف حدود ۳۲ درصد از COD و ۵۷ درصد از کدورت به عنوان غلظت بهینه انتخاب می‌شود.

با توجه به مطالبی که تاکنون گفته شد و با بررسی جدول ۲، که

جدول ۲. خلاصه نتایج انعقاد شیمیایی.

هر یک به صرفه (ریال)	قیمت واحد (دلار)	نسبت حجم لجن به حجم کل (%)	درصد حذف			pH	مغذات (ppm)	شرایط تهیه	مواد منعقد کننده
			رنگ	TS	کدورت				
۹۶۶۰۰	۱۶۱	۱۵	-۱۸	۸۲	۶۰	۱۰۰	۷/۵	الف - پلیمر های سنتزی PEI	
-	-	۱۲	-۱۵	۸۸	۵۵	۱۰۰	۶/۳	HE	
۷۳۰۳۳۰	۱۲۱۷	۶	۵	۶۰	۴۹	۵۰	۵/۱	PAM	
-	-	۱	۲	۵۰	۲۰	۴	۵/۱	پلی الکترو لیت	
-	-	۰	-۲	۷	۵	۱	۵/۱	پلیمر آبیونی	
-	-	۸	۷	۱۹	۴۶	۱۲	۵/۲	ب - پلیمر طبیعی کیتوسان	
۲۹۲	۴۰۰	۲	-۷	۳۰	۴۰	۷۳۰	۳/۳	ج - ترکیبات شیمیایی سولفوریک اسید	
۷۰۰	۱۷۵۰	۲	۴	۳۷	۱۵	۴۰۰	۷/۲	سود	
۱۷۸۵۰	۸۵۰۰	۱۲	۱۲	۳۸	۲۰	۲۱۰۰	۷/۳	آهن (III) کلرید	
۱۷۸۵	۸۵۰	۲	۶	۵	۳۱	۲۱۰۰	۷/۵	آهن (II) سولفات	
۱۹۷۴	۹۴۰	۰	-۱۵۶	-۲۲	۱۲	۲۱۰۰	۵/۵	سدیم کربنات	
۲۸۰	۳۵۰	۲	۵۲	۵۷	۳۳	۸۰۰	۷/۰	آهک	
۹۲۰	۱۱۵۰	۴	۱۲	۷۲	۲۲	۸۰۰	۸/۵	آلوم	
-	-	۷	۷	۴۲	۴۶	۵۰ و ۱۲	۵/۰	د - کاربرد نوام کیتوسان و PAM	
-	-	۹	-۳۰	۵۱	۲۴	۱۰۰ و ۸۰۰	۷/۰	آهک و PEI	
-	-	۵	-۲۰	۷۵	۲۸	۱۰۰ و ۱۰۰	۷/۱	HE و PEI	

الف) ۱۰۰۰=۱۸۰۰۰ COD، (ب) ۱۸۰۰=۱۸۰۰۰ COD، (ج) قیمت هر کیلوگرم پلیمر به دلار آمریکا سال ۱۹۹۵ و منعقد کننده های شیمیایی به ریال است. (د) همانسان بر حسب هر دلار معادل ۶۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. اما علامت منفی در ستونها به معنی افزایش باراضح است و در نتیجه حذفی صورت نگرفته است و (ا) قیمت ۱۰ کیلوگرم به صورت ژلی.

را در حذف پارامترهای مورد نظر دارند. با وجود آنکه آلوم در حذف بعضی از پارامترها نتایج بهتری نسبت به آهک نشان می‌دهد، با این حال از لحاظ اقتصادی مصرف آهک توصیه می‌شود.

مراجع

1. Metcalf & Eddy; *Wastewater Engineering Treatment: Disposal & Reuse*; McGraw-Hill, 1977.
2. Wesley W. and Eckenfelder Jr.; *Industrial Water Pollution Control*; McGraw-Hill, 2nd ed., USA, 1989.
- 3- مجموعه مقالات سمینار منعقدکننده‌ها در صنعت آب، اهواز، ۱۳۷۵.
4. Brij, Moudgil M. and Somasundaran P.; Flocculation, Sedimentation and Consolidation, *Proceeding of Engineering Foundation Conference*, USA, 1986.
5. Ganjidoust H., Tasumi K., Yamagishi T. and Namvar G. R.; Effect of Synthetic and Natural Coagulant on Lignin Removal from Pulp and Paper Wastewater; *Wat. Sci. Tech.*; 35, 2-3, 1997.
6. Ganjidoust H., Tatsumi K., Wada S. and Kawase M.; Role of Peroxidase and Chitosan in Removing Chlorophenols from Aqueous Solution; *Wat. Sci. Tech.*; 34, 10, 1996.
7. Berry W.W., The Advanced Separation Technologies Inc. Isep System Decolorization Process; *Tappi Environmental Conference Proceeding*, 1987.
8. Tischler L.F.; State of the Art Statistical Verification of a Water Quality Model of the Lower for River; *Tappi Environmental Conference Proc.*; 1987.
9. Ganjidoust H., Ghazi M. and Akbari K.; Removal of Dyes from Pulp and Paper Wastewater Industries; *Proc. of the 7th IUAPPA Regional Conference.*; 4, 1994.
10. Greenberg A. E. and Clesceri L.S.; *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; 18th ed., APHA & AWWA & WEF, USA, 1992.
- ۱۱- آینی یثا، اثر انواع منعقدکننده‌های پلیمری و شیمیایی در کاهش COD، کدورت و رنگ و تصفیه پساب صنایع سلولزی به روش SBR، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده عمران، ۱۳۷۷.

مانند COD، با چشمپوشی از این نوع پلیمر آبیونی نیز که در تصفیه پساب صنایع خودروسازی بکار می‌رود، پلیمرها بهتر از منعقدکننده‌های شیمیایی کدورت را حذف می‌کنند که این موضوع می‌تواند به علت ماهیت آنها و نوع مکانیسم واکنش انجام شده باشد.

۳- بجز آهک، سایر منعقدکننده‌ها حذف کننده‌های خوبی برای TS نبوده و بر خلاف موارد قبل منعقدکننده‌های شیمیایی بهتر از پلیمرها عمل می‌کنند.

۴- بعد از سولفوریک اسید، همه پلیمرها دارای بازده حذف رنگ مناسبی اند و بجز آلوم و آهک، بقیه منعقدکننده‌های شیمیایی میزان رنگ محیط را افزایش می‌دهند.

۵- پلیمرهای PEI و HE و آهن (III) کلرید لجن زیادی تولید می‌کنند که ممکن است مشکل دفع لجن را در پی داشته باشد.

۶- نتایج کاربرد توأم منعقدکننده‌های با بازده زیاد که دارای pH بهینه نزدیک‌اند، حاکی از آن است که بازده مجموعه کیتوسان - PAM در حذف پارامترها حد وسط بازده هر یک از آنهاست، در حالی که در مورد آهک - PEI و PEI-HE میزان حذف پارامترها کمتر از اثر هر یک از آنهاست. بنابراین، کاربرد توأم منعقدکننده‌های مورد بررسی نتیجه مطلوبی ندارد.

۷- آهک دو ظرفیتی نتایج بهتری نسبت به سود یک ظرفیتی دارد و این یکی از دلایل کاربرد سود برای تنظیم pH است، زیرا می‌توان اثر منعقدکننده‌ها را بطور واضحتر بررسی کرد.

۸- در حالت کلی منعقدکننده‌های سه ظرفیتی نسبت به منعقدکننده‌های یک و دو ظرفیتی بازده بهتری دارند.

۹- پلیمر آبیونی مورد استفاده در صنایع خودروسازی و سدیم کربنات ماده منعقدکننده مناسبی نیست.

نتیجه‌گیری

از آنجا که در انتخاب بهترین منعقدکننده علاوه بر میزان حذف پارامترها و لجن تولیدی باید مقدار ماده مصرفی، هزینه لازم و pH پس از واکنش مناسب برای تخلیه در محیط را نیز در نظر گرفت، بنابراین کیتوسان با حداقل مصرف و حداکثر حذف بهترین منعقدکننده پلیمری است. زیرا، در بین منعقدکننده‌های سنتزی، پلیمر PAM به علت آنکه تمام پارامترها را کاهش می‌دهد و لجن کمی تولید می‌کند بهترین شرایط را دارد. پلیمر طبیعی کیتوسان نیز با PAM رقابت می‌کند و بازده خوبی دارد. علاوه بر آن، ۱۲ ppm از آن نتایج تقریباً مشابه با ۵۰ ppm پلیمر PAM را دارد.

در بین منعقدکننده‌های شیمیایی آلوم و آهک بهترین شرایط