فصلنامه علوم محیطی، دوره سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴

۶۷-۷۴

مقایسه کارایی آلوم و پلی آلومینیوم کلراید جهت حذف آلاینده‌های پساب کارخانه کاغذسازی

نوشین بیرجندی[۱]، حبیب اله یونسی[۲]* و نادر بهرامی‌فر[۳]

[۱] دانشجوی دکترای محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تربیت‌مدرس، نور
[۲] دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
[۳] استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۵

چکیده

صنعت کاغذسازی یک واحد عملیاتی پیچیده و با تاثیرات متقابل فراوان می‌باشد. پساب‌های این صنعت با داشتن آلاینده‌ها و ترکیبات رنگ‌زای مختلف، یکی از آلوده‌ترین پساب‌ها می‌باشند. واحدهای زیادی از چوب و کاغذ در سراسر جهان، برای تامین نیازهای روز افزون به محصولات متنوع کاغذ وجود دارند و تخمین‌ها نشان داده است که مصرف کاغذ به شدت در حال افزایش است. در این تحقیق، اثر مواد منعقدکننده آلوم و پلی آلومینیوم کلراید (PACl) برای تصفیه پساب کاغذسازی جهت کاهش پارامترهای اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، کدورت و شاخص حجم لجن (SVI) مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. مقادیر بهینه مواد منعقدکننده و pH با استفاده از آزمایش‌های جار به دست آمده است. تحت این شرایط بهینه (مقادیر آلوم، PAC1 و pH به ترتیب ۱۰۰۰ mg/l، ۵۰۰ mg/l و ۶ به دست آمد). نتایج این تحقیق نشان داد که در بین دو منعقدکننده بررسی شده، PACl با میزان حذف ۹۶ درصد کدورت و ۹۹ درصد COD بهترین نتیجه را داشته است. هم‌چنین حجم لجن تولیدی (۲۵۰ ml/g) به کمک پلی آلومینیوم کلراید کم‌تر از لجن حاصل به وسیله آلوم بوده است. یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که فرآیند انعقاد شیمیایی می‌تواند به عنوان یک تکنولوژی جدید برای تصفیه انواع مختلفی از پساب‌های صنعتی هم چون صنایع کاغذسازی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات‌کلیدی: پساب، کاغذسازی، آلوم، پلی‌آلومینیوم‌کلراید، کدورت،COD.

Comparison of the Efficiency of Alum and Polyaluminium Chloride for Removal of Paper Mill Wastewater Pollution

Noushin Birjandi,[1] Habibollah Younesi[2]* & Nader Bahramifar[3]

[1] Associated of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor
[2] Associated Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor
[3] Assistant Professor, University of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tarbiat Modares, Noor

Abstract

The paper industry is a complex operating unit with many interactions. Its wastewater contains pollutants and coloured compounds and it is considered to be one of the most contaminated effluents. Several units of wood and paper exist in the world to meet the growing needs of diversified paper products and estimation has shown that paper consumption is growing strongly. In this study, the effect of alum and polyaluminum chloride (PACl) coagulants to reduce pollutant concentrations in the industrial paper mill wastewater has been investigated. For this purpose, paper mill wastewater was characterized and the reduction of chemical oxygen (COD), turbidity and sludge volume index (SVI) parameters were evaluated. Optimum dosage of coagulants and pH value are obtained with the standard jar test technique. Under optimum condition, the dosage of alum and polyaluminum chloride and initial pH were, respectively, 1000, 500 mg/l and 6. This result reveals that PACl with a 96% removal of turbidity and a 99% reduction of COD could provide the best possible results. Furthermore, SVI reached 250 ml/g when PACl was used as a coagulant. The findings showed that coagulation can be used as a new technology for the treatment of different industrial wastewaters, such as in the paper mill industry.

Keywords: Paper mill, Wastewater, Alum, Ploy Aluminum Chloride, Turbidity, COD.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: hunesi@modares.ac.ir

۱- مقدمه

بسیاری از فاضلاب‌ها به طور معمول شامل مقادیر زیادی مواد جامد معلق (TSS)[1] و میزان بالای اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)[2] واکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD)[3] هستند که این مساله به علت حضور مواد آلی موجود در فاضلاب می‌باشد که مواد غیر قابل تجزیه‌زیستی می‌باشند [۱]. صنایع کاغذسازی از عمده‌ترین صنایعی است که در فرآیند تولید، مقادیر زیادی آب مصرف می‌کند، به گونه‌ای که ۶۰ متر مکعب آب شیرین برای تولید یک تن کاغذ مصرف می‌شود و استفاده مجدد از این آب به دلیل تراکم مواد آلی و غیر آلی موجود در آن که در طی تولید کاغذ به وجود می‌آیند غیر ممکن است [۲]. در طی تولید کاغذ، حجم زیادی پساب تولید می‌شود (حدود ۲۰-۷۰ متر مکعب پساب به ازای یک تن کاغذ). به طور کلی هر واحد کاغذسازی که روزانه ۵۰۰ تن کاغذ تولید می‌کند، می‌تواند۲۰ میلیون گالن در روز پساب ایجاد نماید. پساب این صنعت شامل مقادیر قابل توجهی مواد آلاینده است که به وسیله میزان BOD، COD، TSS و سمیت مشخص می‌گردند [۳]. پساب‌های صنعت کاغذسازی دارای حجم زیاد و آلودگی بسیار بالایی هستند. این پساب‌ها باعث تولید لجن، کف و از بین رفتن زیبایی محیط‌زیست می‌شود، هم‌چنین میزان مواد سمی را در آب افزایش داده و موجب مرگ ماهیان و زئوپلانکتون‌ها می‌گردد [۲]. میزان BOD این پساب بین۹۰۰ تا۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و میزان COD بین ۲۰۰۰ -۴۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. pH=۶-۷ ، بوی شدید و رنگ قهوه‌ای نیز از دیگر مشخصات این پساب است [۴]. شاخص BOD/COD این پساب معمولا" حدود ۰/۰۲تا ۰/۰۴ است. محققان گزارش نموده‌اند که نمونه‌هایی با شاخص تجزیه‌پذیری زیستی کمتر از ۰/۳ برای تصفیه بیولوژیکی مناسب نیستند و برای این منظور باید شاخص تجزیه‌پذیری زیستی حداقل ۰/۴ باشد [۵]. واحدهای تولید خمیر کاغذ و رنگ بری آن، منابع اصلی و عمده آلودگی پساب‌های صنعت کاغذسازی می‌باشند که با وجود حجم کم، قسمت اعظم آلودگی این پساب‌ها را تشکیل می‌دهند و پساب‌های خروجی از عملیات تولید و رنگ‌بری خمیر کاغذ شامل غلظت بالایی از ترکیبات آلی مقاوم می‌باشند [۶]. به سبب قابلیت تجزیه‌زیستی اندک بسیاری از رنگ‌ها، تصفیه زیستی پساب همیشه موثر نیست. بنابراین به خصوص برای حذف رنگ، مواد شیمیایی وجاذب‌های مختلف به طور مستقیم به سیستم لجن فعال اضافه می‌شوند [۷].

یکی از موثرترین و معمول‌ترین روش‌های تکمیلی در تصفیه پساب‌های صنعتی، روش انعقاد و لخته‌سازی شیمیایی است. ثابت شده که فرآیند انعقاد توانایی بالایی در حذف پارامترهای مختلف دارد که مهم‌ترین این پارامترها عبارتند از COD و TSS. این فرآیند بر پایه استفاده از نمک های آلومینیوم Al(III) و آهن Fe(III) به تنهایی یا ترکیب آن‌ها با نمک‌های کلسیم و نیز استفاده از پلیمرها به عنوان لخته‌سازها استوار است [۸]. منعقد کننده‌های شیمیایی به وسیله چهار مکانیسم مجزا می‌توانند ذرات را بی ثبات کنند. این مکانیسم‌ها عبارتند از متراکم‌سازی، خنثی‌سازی، اتصال ذرات و ته نشینی. سولفات آلومینیوم با نام عمومی آلوم یکی از مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین منعقدکننده‌هایی است که در صنعت آب و فاضلاب کاربرد دارد و از مهم‌ترین مزایای آن عمل کردن در دامنه وسیعی از pH است. با استفاده از آلوم، بی ثبات کردن ذرات به وسیله پلیمرهای آلومینیوم صورت می‌گیرد. این پلیمرها به وسیله ذرات کلوییدی جذب می‌شوند. مقدار پلیمرهای جذب شده و در نتیجه مقدار آلوم منعقدکننده لازم برای بی ثبات کردن ذرات به غلظت کلوییدها بستگی دارد [۹]. پلی آلومینیوم کلراید (PACl)[4] به نوعی از منعقدکننده‌ها گفته می‌شود که قدرت و سرعت بالایی در جداسازی و استخراج ناخالصی‌های آب دارند. در خصوص مزایای PACl به عنوان منعقدکننده موارد متعددی ذکر شده است که می‌توان گفت مهم‌ترین این امتیازها، قابلیت استفاده در دامنه‌های بسیار وسیع‌تری از کدورت و دمای آب است [۱۰]. مشکل عمده در تصفیه پساب صنعت کاغذسازی، COD و سمیت پساب می‌باشد و تصفیه بیولوژیکی به تنهایی نمی‌تواند برای حل این مشکل به کار رود. ترکیبات مهم موجود در پساب‌های تولید خمیرکاغذ عبارتند از اسیدهای رزینی، اسیدهای چرب با زنجیره طولانی، اسیدهای آروماتیک، فنل‌ها، چسب‌ها و رنگ‌ها که در برابر تجزیه بیولوژیکی مقاوم هستند ولی به علت دارا بودن بار منفی بالا با کاتیون‌های آهن و آلومینیوم و دیگر فلزات منعقدکننده واکنش داده و به کمک فرآیند لخته‌سازی و ته‌نشینی حذف می‌شوند. هم‌چنین بر اثر لخته شدن ذرات معلق کلوییدی در فرآیند انعقاد، میزان کدورت، COD، TSS و دیگر آلاینده‌های پساب کاغذسازی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابند [۱۱].

Anouzla و همکاران [۱۲] در تحقیقی که به تازگی انجام داده‌اند، منعقدکننده کلرید آهن ($FeCl_3$) را به منظور

حذف رنگ و کاهش COD پساب صنایع فولاد به کار بردند. آن‌ها برای بهینه‌سازی شرایط فرآیند (pH و مقدار ماده منعقدکننده) از روش پاسخ سطحی (RSM)[5] استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان داده که تحت شرایط بهینه، ٪۹۹ رنگ و ٪۹۴ COD پساب مذکور کاهش می‌یابد. در پژوهشی دیگر که اخیراً توسط Ghafari و همکاران [۱۳] انجام شده، توانایی پلی آلومینیوم کلراید را در تصفیه شیرابه مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش کارایی PACl و آلوم در کاهش COD، کدورت، رنگ و TSS شیرابه با یک دیگر مقایسه شده است. روش پاسخ سطحی نیز برای بهینه‌سازی متغیرها (pH و مقدار منعقدکننده) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار بهینه PACl، ۲g/l در pH=۷/۵ و دوز بهینه آلوم، ۹/۵ g/l در pH=۷ بوده است. هم‌چنین میزان حذف COD، کدورت، رنگ و TSS توسط PACl به ترتیب برابر با ۴۳، ۹۴، ۹۰ و ۹۲ درصد و توسط آلوم برابر با ۶۲، ۸۸، ۸۶ و ۹۰ در صد به دست آمد که این نتایج گویای توانایی بالاتر PACl در تصفیه شیرابه است.

قدبنان و همکاران [۶] درتحقیقی اثر منعقدکننده‌های مختلف نمک فلزی، جهت کاهش آلاینده‌های پساب سرریز لجن فعال واحد کاغذسازی مازندران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در بین منعقدکننده‌های بررسی شده، کلرید فریک با میزان حذف ۹۲ درصد رنگ و ۷۴ در صد COD، بهترین نتیجه را داشته است. در تحقیقی دیگر که توسط روشنی و همکاران (۱۳۸۲) انجام شد، عمل انعقاد فاضلاب محتوی مواد شوینده با آلوم، آهک، سولفات آهن و کلرید آهن آزمایش گردید . در پژوهش Suarez و همکاران [۱۴] فرآیند انعقاد و لخته‌سازی همراه با روش شناورسازی، برای تصفیه پساب‌های بیمارستانی به منظور حذف ۱۳ محصول زاید داروسازی موجود در پساب، مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور مطالعات در سیستم پیوسته و سلول‌های شناورساز انجام شده است. حذف میزان کل جامدات معلق در طی فرآیند تصفیه بسیار مؤثر بود و میزان متوسط حذف آن ۹۲ درصد به دست آمد. نتایج به دست آمده گویای این مطلب است که شناورسازی پساب به تنهایی در مقایسه با روش انعقاد و لخته‌سازی، نتیجه خوبی نداشته، اگرچه ترکیب این دو روش با هم سبب بهبود کارایی فرآیند شده است. Harrelkas و همکاران [۱۵] روش تصفیه فیزیکی-شیمیایی شامل فرآیند انعقاد و لخته‌سازی در غلظت‌های مختلف مواد منعقدکننده و لخته‌ساز را در ترکیب با فرآیند جذب, به منظور تصفیه پساب صنایع نساجی به کار برده‌اند. پارامترهای مورد بررسی، قبل و بعد از تصفیه شامل کدورت و COD بوده است. میزان بهینه pH در این فرآیند برابر با ۵ و میزان بهینه آلوم و لخته‌ساز به ترتیب، ۱۰۰mg/l و ۴ mg/l برآورد شده است. در ترکیب فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با فرآیند جذب به وسیله کربن فعال، میزان حذف COD ٪۸۰ و میزان کاهش رنگ ٪۷۴ به دست آمد. جاوید و همکاران [۱۶] در مطالعه‌ای بر روی فاضلاب صنایع خودروسازی، مبادرت به انجام آزمایش‌هایی در خصوص تعیین میزان تا"ثیر فرآیندهای انعقاد و لخته‌سازی در حذف آلاینده‌ها نمودند. پساب صنعت کاغذسازی آلایندگی زیادی برای محیط‌زیست دارد. برحسب نوع ماده اولیه فیبری مورد استفاده در صنعت کاغذ و این که در صنعت کاغذسازی، واحدهای خمیرسازی وجود داشته باشند یا نه، پساب خروجی به طور گسترده‌ای متفاوت است، اما به طور عمده مواد فیبری شامل نرمه‌های الیاف هستند که به طور عمده دارای شارژهای آنیونی می‌باشد که به وفور در آن‌ها وجود دارد. این تحقیق به طور موردی بر روی پساب کارخانه کاغذسازی افرنگ شهرستان نور که ماده اولیه آن الیاف کارتن‌های مستعمل و مصرف شده می باشد، انجام شد تا بتوان راهکاری جهت کاهش کدورت و COD این کارخانه و واحدهای تولیدی مشابه ارایه نمود.

۲- مواد و روش‌ها

پساب به کار رفته در این تحقیق از خروجی نهایی فاضلاب کارخانه کاغذسازی افرنگ شهرستان نورگرفته شده است. مشخصات فیزیکی و شیمیایی پساب مذکور در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی پساب کاغذسازی

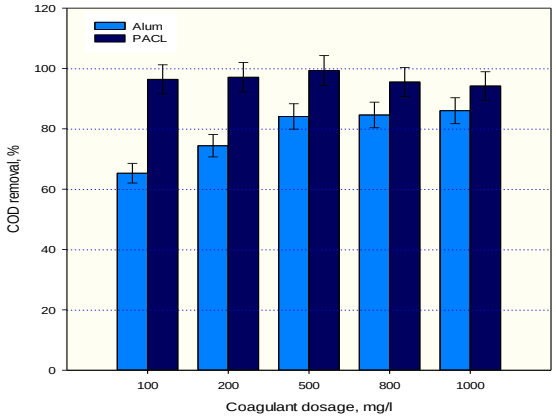
مشخصات	میزان
رنگ	قهوه ای
pH	۶/۵
BOD (میلی‌گرم بر لیتر)	۹۴۰
COD (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۵۲۳
TS (میلی‌گرم برلیتر)	۳۲۶۰
TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۰۰۰
TSS (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۶۰
خاکستر (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۳۲۰
کدورت (NTU)	۸۷۲
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۷۲/۸۶
سولفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۵۰
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۰۳
نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۱
کلراید (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰/۷

مواد منعقدکننده مورد استفاده در این بررسی، آلوم و PACl، از شرکت Merck خریداری شده‌اند. pH در دمای ۲۵ ^{o}C به وسیله pH متر pc (Cyberscan, Singapore) 300 اندازه‌گیری شد. جهت تنظیم pH اولیه پساب کاغذسازی، از هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال و اسید سولفوریک (H_2SO_4) ۰/۱ نرمال استفاده گردید. BOD، وزن جامدات کل و مقدار خاکستر بر طبق روش استاندارد آب و فاضلاب تعیین گردید. مقادیر فسفات، نیترات، نیتریت، سولفات و کلراید به روش فتومتری (Palintest 8000, England) اندازه‌گیری شدند [۱۷]. مطالعات انعقاد و لخته‌سازی ابتدا با انتخاب یک نوع ماده منعقدکننده و در pHهای مختلف (۲ تا ۱۲) جهت تعیین pH بهینه برای ماده منعقدکننده مزبور انجام گردید. سپس pH فاضلاب در مقدار بهینه تنظیم گردید و به دنبال آن مقادیر مختلف ماده منعقدکننده به پساب‌های با حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر افزوده شد که برای این منظور از آزمایش جار استفاده شد. در این آزمایش پساب و ماده منعقدکننده در دمای محیط ابتدا به مدت ۲ دقیقه با سرعت زیاد (۱۷۰ دور در دقیقه) سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت کم (۴۰ دور در دقیقه) با هم زن مغناطیسی (velp scientifica) به هم زده شد، سپس محتویات هر یک به استوانه‌های مدرج انتقال یافت و به مدت ۳۰ دقیقه به آن‌ها اجازه ته‌نشینی داده شد. به این ترتیب میزان بهینه مواد منعقدکننده تعیین گردید. پس از تعیین میزان بهینه ماده منعقدکننده و pH، آنالیز محلول‌های منعقد شده انجام گردید [۱۸]. اندازه‌گیری کدورت با دستگاه کدورت سنج Eutech TB 100 با حساسیت ده هزارم در واحد NTU انجام شد. اندازه‌گیری COD به روش کالری‌متری مطابق روش‌های استاندارد آزمایش آب و پساب صورت گرفت. طبق این روش، واکنش گرهای COD به ۲/۵ میلی‌لیتر از نمونه در یک ظرف مخصوص اضافه شده و برای هضم به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه ترموراکتور قرار گرفت. بعد از خنک شدن ظرف، جذب محلول در طول موج ۶۰۰ nm توسط فتومتر خوانده شده و از روی منحنی کالیبراسیون، میزان COD تعیین گردید[۱۷].

۳- نتایج و بحث

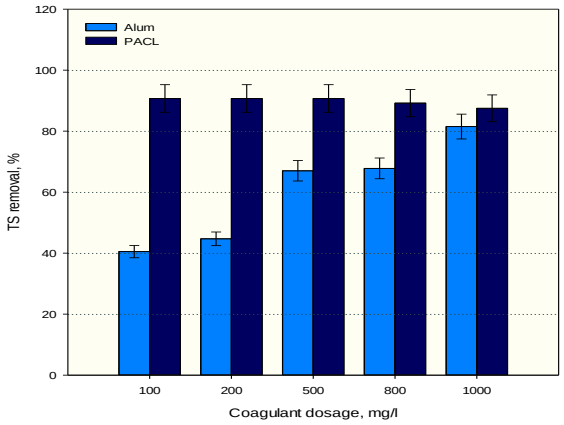
۳-۱- مقایسه عملکرد آلوم و PACl

در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقدکننده‌های معدنی، غلظت ماده منعقدکننده و pH نقش موثری در کارآیی فرآیند انعقاد دارد. در تصفیه پساب، افزودن منعقدکننده‌های فلزی سبب پایین آمدن pH پساب می‌گردد [۱۹]. عملکرد پلی آلومینیوم کلراید در کاهش آلاینده‌های پساب کارخانه کاغذسازی در شکل‌های ۱ تا ۶ با عملکرد آلوم مقایسه شده است که برای این منظور آزمایش جار با استفاده از مقادیر ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر PACl و ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آلوم انجام شد، pH نیز در محدوده ۲ تا ۱۲ تنظیم گردید.



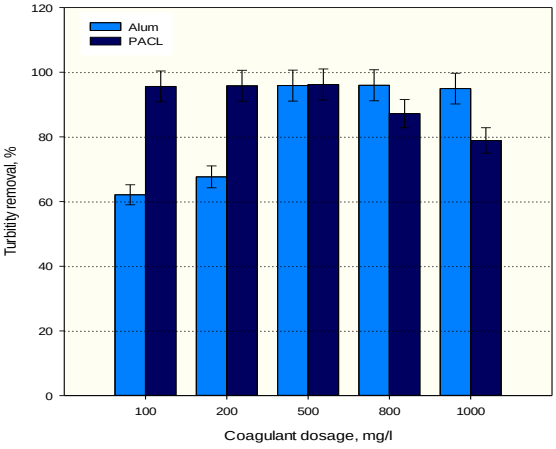
شکل ۱- مقایسه عملکرد آلوم و پلی آلومینیوم کلراید در کاهش COD

نتایج نشان می‌دهد که مقدار بهینه PACl کمتر از آلوم است و همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود در غلظت‌های یکسان نسبت به آلوم در کاهش COD و TS عملکرد بهتری دارد. هم‌چنین افزایش غلظت PACl اثر کمی بر روی افزایش میزان حذف COD دارد و مقادیر خیلی بالا (بالاتر از ۱۰۰۰ mg/l) باعث کاهش میزان حذف می‌شود. میزان حذف TS و COD نیز تا حدودی مشابه یک‌دیگر است.



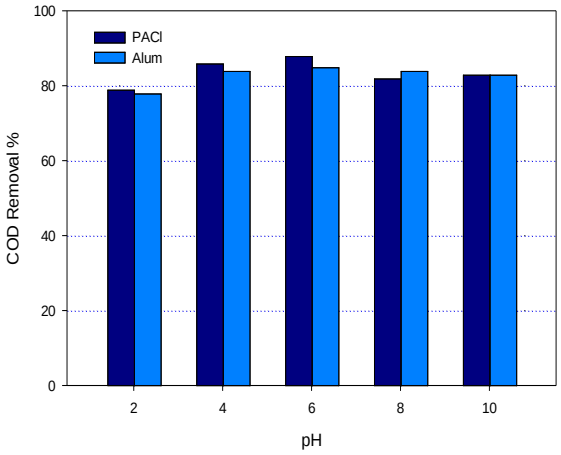
شکل ۲- مقایسه عملکرد آلوم و پلی آلومینیوم کلراید در کاهش TS

گرچه در مجموع PACl نسبت به آلوم در کاهش آلاینده‌ها کارایی بهتری نشان می‌دهد، اما با توجه به شکل (۷) PACl تا مقدار بهینه ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تاثیر بیشتری در کاهش کدورت دارد، اما بالاتر از این غلظت، آلوم بهتر عمل می‌کند. همان گونه که قبلا ذکر شد، این امر ممکن است به دلیل حجم بالای مواد آلی معلق موجود در پساب باشد که PACl در مقادیر بالاتر از میزان بهینه قادر به حذف آن نیست. این نتیجه با نتایج Ahmad و همکاران [۱۹]، هم خوانی دارد.

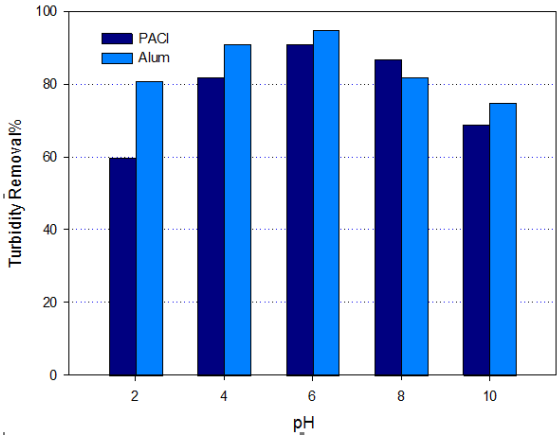


شکل ۳- مقایسه عملکرد آلوم و پلی آلومینیوم کلراید در کاهش کدورت

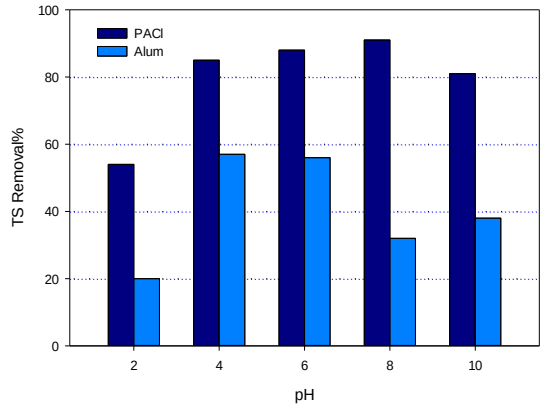
شکل‌های ۴ تا ۶ اثر pH اولیه پساب را بر روند حذف کدورت، COD و TS در غلظت‌های ثابت PACl و آلوم نشان می‌دهد. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود PACl و آلوم در محدوده pH بین ۴ تا ۶ بهترین کارآیی را دارند، اما در محدوده pH بین ۸ تا ۱۰ میزان حذف کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که میزان حذف COD از ۹۷ درصد به ۷۱ درصد می‌رسد. این نتایج با یافته‌های Ahmad و همکاران [۱۹] مطابقت دارد. مهم‌ترین دلیل برای چنین رفتاری این است که اولا" درpH پایین، حضور ذرات آلومینیوم باعث خنثی‌سازی ذرات آنیونی آلاینده‌ها شده و ته‌نشین سازی بهتر انجام می‌شود، ثانیا" در pH پایین، غلظت آلومینیوم حل شده با کاهش نسبت $Al(OH)_4^-$ تشکیل شده، کاهش می‌یابد و کاهش این نسبت باعث بهبود فرآیند ته‌نشین سازی می‌گردد، زیرا تشکیل هیدروکسید آلومینیوم آنیونی اثرات انعقاد را کاهش می‌دهد [۲۰]. پایین بودن pH پساب‌های صنعتی در فرآیند انعقاد ضروری است، این موضوع به احتمال زیاد به این علت است که ترکیبات هیدروکسی به مقدار زیادی در محیط اسیدی تشکیل می‌شوند [۲۱].



شکل ۴- اثر تنظیم pH در کاهش COD پساب با استفاده از آلوم و PACl در غلظت بهینه



شکل ۵- اثر تنظیم pH در کاهش کدورت پساب با استفاده از آلوم و PACl در غلظت بهینه



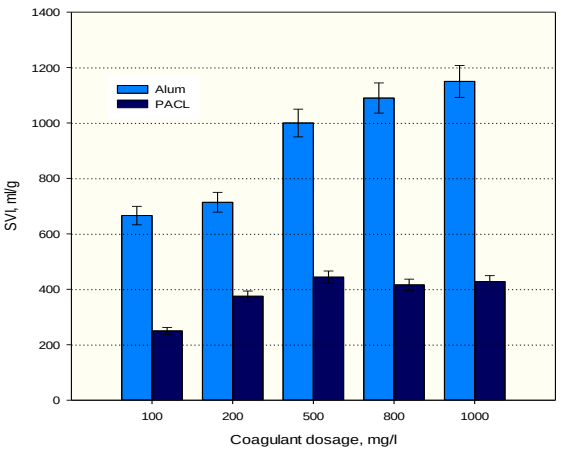
شکل ۶- اثر تنظیم pH در کاهش TS پساب با استفاده از آلوم و PACl در غلظت بهینه

نتایج این تحقیق نشان داده است که pH نقش موثری در فرآیند انعقاد داشته و در یک دامنه وسیع pH، امکان عملیات انعقاد وجود دارد. بررسی نتایج مطالعات قبلی نیز حاکی از آن است که pH به نحو موثری بر انجام فرآیند

انعقاد و لخته‌سازی تاثیرگذار است [۲۲]. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که در مقدار بهینه ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آلوم و pH بهینه ۶، ۹۵ درصد کدورت، ۷۲ درصد TS و ۸۶ درصد COD کاهش می‌یابد. هم‌چنین در مقدار بهینه ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر PACl و pH بهینه ۶، ۹۶ درصد کدورت، ۹۸ درصد COD و ۸۸ درصد TS کم می شود.

۳-۲- شاخص حجم لجن (SVI)

در تصفیه فیزیکی- شیمیایی پساب به دلیل حضور مواد آلی و کل جامدات معلق، این مواد طی فرآیند تصفیه ته‌نشین شده و به صورت لجن در می‌آیند [۲۰]. با افزایش مقدار منعقدکننده، میزان لجن تولیدی بیشتر خواهد بود. کاهش و کنترل میزان تولید لجن می‌تواند با تنظیم فرآیند انعقاد از طریق آزمون جار با تعیین نوع منعقدکننده مناسب، pH انعقاد، مقدار اسید، مقدار منعقدکننده، استفاده از اسید و پلیمر و شدت اختلاط صورت گیرد. با افزایش میزان ماده منعقدکننده، لجن بیشتری به شکل هیدروکسید فریک یا آلوم ته‌نشین می‌گردد. استفاده از اسید برای کاهش pH سبب افزایش میزان TOC در لجن می‌گردد و تغییر pH بر بار الکتریکی لجن تاثیر گذاشته و مدت و میزان آب‌گیری لجن را تغییر می‌دهد. میزان رسوبات فلزی در لجن در مقایسه با میزان ذرات گرفته شده توسط ماده منعقدکننده افزایش خواهد یافت. بر اثر وجود مواد آلی در لجن، دانسیته لجن کاهش یافته و آب گیری آن مشکل می‌شود [۲۳]. سرعت ته‌نشینی فلاک‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد و این روند نسبت به تغییر غلظت مواد منعقد کننده بی‌تفاوت است. سرعت ته‌نشینی فلاک‌ها با کاربرد PACl دو برابر منعقد کننده آلوم است و بر خلاف آلوم، پلی آلومینیوم کلراید به تغییرات دمایی حساس نیست و این موضوع عملکرد مناسب PACl را در مقایسه با آلوم به خوبی آشکار می‌سازد [۲۴] در شکل ۷ میزان SVI دو منعقد کننده با یک دیگر مقایسه شده است. نتایج به دست آمده موید این مطلب است که در طی زمان ۳۰ دقیقه، منعقدکننده PACl منجر به تولید لجن فشرده تر (SVI کمتر، SVI=۲۵۰ml/g) می‌شود، در نتیجه جداسازی بهتر صورت می‌گیرد. این نتیجه با نتایج Ahmad و همکاران [۱۹] مطابقت دارد.



شکل ۷- مقایسه شاخص حجم لجن آلوم و پلی آلومینیوم کلراید

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج حاصله، مشخص شد منعقدکننده‌های آلوم و PACl قادرند قسمت اعظم آلاینده‌های پساب‌های صنعت کاغذسازی را حذف نمایند و با حذف حدود ۹۶ درصد COD، ۹۰ درصد TS و ۹۵ درصد کدورت پساب قابل دستیابی است. نتایج بسیاری پیرامون عملکرد بهتر پلی آلومینیوم کلراید به عنوان ماده منعقدکننده در مقایسه با سایر مواد منعقدکننده نظیر آلومینیوم و کلرور فریک در فرآیند تصفیه متعارف در شرایط کدورت متوسط و بالا به دست آمده است.کارآمدی مذکور را می‌توان شامل مقدار مورد نیاز کمتر، تشکیل لخته‌های درشت‌تر، کاهش مدت زمان ته‌نشینی فلاک، تولید لجن کمتر، عدم نیاز به تنظیم قلیاییت به وسیله آهک و دیگر پارامترها دانست [۲۵]. در بین دو منعقد کننده به کار رفته در این تحقیق، آلوم عملکرد ضعیف‌تری را نشان می‌دهد اما با توجه به عدم تولید انبوه پلی آلومینیوم کلراید در کشورمان و نیز قیمت بالای آن نسبت به آلوم، علی رغم مزایای عمده PACl و قدرت بالاتر آن در انجام فرآیند انعقاد و لخته‌سازی و کاهش آلاینده‌ها، کاربرد آن به جای آلوم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. با توجه به این که اغلب جامدات موجود در پساب کاغذسازی، ترکیبات آلی می‌باشند، این روش کارآیی مناسبی در تصفیه پسابی با این شرایط را دارد [۶]. با توجه به مطالعات انجام شده توسط دیگران، مشخص شده که فرآیند انعقاد و لخته‌سازی بر روی افزایش قابلیت تجزیه‌پذیری زیستی پساب کاغذسازی اثر مثبت دارد و نسبت COD/BOD بالای این پساب را که از محدودیت‌های تصفیه بیولوژیکی آن است پایین می‌آورد.

بنابراین این روش را می‌تواند به عنوان یک مرحله پیش تصفیه قبل از تصفیه بیولوژیکی به کار رود [۳].

تشکر و قدردانی

از سرکار خانم مهندس حق دوست کارشناس آزمایشگاه محیط‌زیست دانشکده منابع‌طبیعی و علوم دریایی که در پیشرفت علمی این‌کار تحقیقاتی همکاری نمودند، کمال تشکر را داریم. هم‌چنین از ریاست محترم دانشکده، جناب آقای دکتر علی‌رضا ریاحی که محیطی آرام همراه با امکانات آموزشی را فراهم نمودند، تشکر می‌نماییم.

پی‌نوشت

[1] Total Suspended Solid
[2] Chemical Oxygen Demand
[3] Biochemical Oxygen Demand
[4] Polyaluminum chloride
[5] Response surface methodology
[6] Nephelometric Turbidity Units
[7] Sludge Volume Index
[8] Total Organic Carbon

منابع

[1] Ben Mansor I, Kesentini I. Treatment of effluents from cardboard industry by coagulation- electroflotation. Hazardous Materials Journal; 2008; 153: 1067-1070.

[2] Wong SS, Teng T T, Ahmad A L, Zuhairi A, Najafpour G. Treatment of pulp and paper mill wastewater by polyacrylamide (PAM) in polymer induced flocculation. Hazardous Materials Journal; 2006; 135(1-3): 378-388.

[3] Latorre A, Malmqvist A, Lacorte S, Welander T, Barcelo D. Evaluation of the treatment efficiencies of paper mill wastewaters in terms of organic composition and toxicity. Environmental Pollution Journal; 2007; 147: 648-655.

[4] Yilmaz T, Yuccer A, Basibuyuk M. Comparison of the performance of mesophilic and thermophilic anaerobic filters treating paper mill wastewater. Bioresource Technology Journal; 2008; 99: 156-163.

[5] Rodrigues AC, Boroski M, Shimada NS, Garcia J C, Nozaki J, Hioka N. Treatment of paper pulp and paper mill wastewater by coagulation-flocculation followed by heterogeneous photocatalysis. Photochemistry and Photobiology A Chemistry Journal; 2008; 194(1): 1-10.

[6] Ghodbanan SH, Chalkesh Amiri M, Moayedi H. Investigation of metal coagulants in pollutants of papermill sulphite. National Conference of Chemical Engineering; 2002: 659-664 [in persian].

[7] Guendy H. Treatment and reuse of wastewater in the textile industry by means of coagulation and adsorption techniques. Application Science Resource Journal; 2010; 6: 946-972.

[8] Guida M, Mattei M, Rocca CD, Melluso G, Meric S. Optimization of alum coagulation/flocculation for five municipal wastewater. Desalination Journal; 2007; 211: 113-127.

[9] Zhou Y, Liang Z, Wang Y. Decolorization and COD removal of secondary yeast wastewater effluents by coagulation using alminum sulfate. Desalination Journal; 2009; 225: 301-311.

[10] Wang X, Zeng J, Zhu J. Treatment of jean-wash wastewater by combined coagulation, hydrlysis/acidification and Fenton oxidation. Hazardous Materials Journal; 2008; 153: 806-810.

[11] Kumar P, Teng T T, Chand S, Wasewar K L. Treatment of paper and pulp mill effluent by coagulation. Civil and Environmental Engineering Journal; 2011; 3: 222-223.

[12] Anouzla A, Abrouki Y, Souabi S, Safi M, Rhbal H. Colour and COD removal of disperse dye solution by a novel coagulant:Application of statistical design for the optimization and regression analysis. Hazardous Material Journal; 2009; 4: 10-14.

[13] Ghafari SH, Aziz HA, Isa MH, Zinatizadeh AA. Application of response surface methodology (RSM) to optimize coagulation-flocculation treatment of leachate using poly-aluminum chloride (PAC) and alum. Hazardous Materials Journal; 2009; 163: 650-656.

[14] Suarez S, Lema JM, Omil F. Pretreatment of hospital wastewater by coagulation- flooculation and flotation. Bioresource Technology Journal; 2009; 100: 2138-2146.

[15] Harrelkas F, Azizi A, Yaacoubi A, Benhammou MN. Treatment of textile dye effluents using coagulation- flocculation coupled with membrane processes or adsorption on powdered activated carbon. Desalination Journal; 2009; 235: 330-339

[16] Javid AH, Mirbagheri SA, Pourtalari M. Investigation of removal method detergent from industrial wastewater and making satndards. Environmental science and technology Journal; 2006; 8(3): 29-34 [in persian].

[17] (APHA), A.P.H.A. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edn. American Public Health Association Publications, Washington;. 1998.

[18] Roshani B, Shah mansuri MR, Seyed Mohamadi A. Investigation of treatment of Detergent Industry by Coagulation Process. Medical Kordestan Journal; 2003; 30(8): 67-75 [in persian].

[19] Ahmad AL, Wong SS, Teng TT, Zuhairi A. Improvement of alum and PACl coagulation by polyacrylamides (PAMs) for the treatment of pulp and paper mill wastewater. Chemical Engineering Journal; 2008; 137(3): 510-517.

[20] Verma AK, Dash RR. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. Environmental Management Journal; 2012; 93: 154-155.

[21] Daneshvar N, Mirhasani A, Salari D, Kanturi H, Bagherzadeh Kasiri M. Investigation of factors in treatment of organophosphate industry within Fenton and coagulation processes. National Conference of Chemical Engineering; 2002: 587-581 [in persian].

[22] Alexander JT, Hai FI. Chemical coagulation-based processes for trace organic contaminant removal: Current state and future potential. Environmental Management Journal; 2012; 111: 195-196.

[23] Sundin J. Precipitation of kraft lignin under alkaline conditions. ph.D.: Department of pulp and paper chemistry and Technology, Royal Institute of Technology, 2000. p.180.

[24] Banihashemi A, Alavi Moghadam M, Maknun R, Nik Azar M. Studies of application aluminium in turbididty removal from water. Water and Wastewater Journal; 2008; 66: 82-86 [in persian].

[25] Torabian A, sanaaie M, Rashidi A. Assesment of affect coagulant in filteration processes. Water and Wastewater Journal; 2007; 18(2): 270-271 [in persian].