Archive of SID

مقاله اصیل

شرایط بهینه فرآیند انعقاد و لخته سازی با پلی آلومینیوم کلراید در تصفیه فاضلاب صنایع لبنی

سمیه رحیمی[1]، مصطفی علیزاده[1]، فردوس کرد مصطفی پور[2]، ادریس بذرافشان[2]، ادریس حسین زاده[3]، محمود تقوی*[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز پژوهشهای علمی دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

[2] دانشیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت- دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

[3] دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، همدان، ایران

[4] دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زابل، زابل، ایران

* **نشانی نویسنده مسئول:** زابل، دانشگاه علوم پزشکی زابل، دانشکده بهداشت، محمود تقوی

E-mail: taghavi66@yahoo.com

وصول:۹۴/۶/۱۲، اصلاح:۹۴/۸/۱۹، پذیرش:۹۴/۱۰/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: با تولید روزافزون محصولات لبنی به خصوص پنیر، مشکل بار آلودگی بالای پساب این صنایع و نحوه تصفیه آن رو به افزایش است. یکی از روش های تصفیه اینگونه پساب‌ها، سیستم تصفیه با استفاده از منعقد کننده می‌باشد. این تحقیق با هدف تعیین شرایط بهینه فرآیند انعقاد و لخته سازی با پلی آلومینیوم کلراید برای تصفیه فاضلاب صنعت لبنی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، از فرایند انعقاد با منعقد کننده PAC درشرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. با تغیر پارامترهای مهم موثر در این سیستم چون pH (۲-۱۲) و میزان دوز منعقد کننده (۵-۱۰۰mg/l) ، میزان کاهش پارامترهای کیفی همچون اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(BOD)، کل ازت آلی و معدنی(TKN)، کل فسفر(TP) و کل جامدات محلول(TDS) (راندمان دستگاه) ، محاسبه شد.

یافته ها: نتایج آزمایشات نشان داد کارآیی حذف COD ، BOD، TKN، TP و TDS در شرایط pH برابر ۸، دوز منعقد کننده ۵۰mg/l و شرایط دمایی ۲±۲۲ درجه سانتیگراد به ترتیب به ۷۴/۵۱، ۸۴/۸۱، ۶۸/۲۴، ۶۵/۴۶ و ۸۵/۶۹ درصد است که بیشترین مقادیر به دست آمده در مقادیر متغیر دو پارامتر pH و مقدار منعقد کننده است.

نتیجه گیری: نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید (PAC) قادر به کاهش پارامترهای کیفی فاضلاب صنعت لبنیات به حد استاندارد تخلیه پساب می‌باشد. با توجه به سهولت دسترسی، راهبری آسان و کارآیی قابل قبول در تصفیه اینگونه فاضلابها می‌تواند برای تصفیه فاضلاب صنایع لبنیاتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: *فاضلاب لبنی، انعقاد، پلی آلومینیوم کلراید.*

مقدمه

صنایع لبنی به علت درصد بالای مواد آلی موجود در فاضلاب تولیدی خود، در زمره آلوده‌کننده‌ترین صنایع غذایی محسوب می‌شوند. در این صنایع به ازای هر لیتر

www.SID.ir

Archive of SID

شیر استفاده شده در فرآیند تولید، بیش از ۱۰ لیتر فاضلاب تولید می‌شود (۱). ترکیبات آلی موجود در شیر (پروتئین، کربوهیدرات و چربی) بخش بزرگی از اکسیژن‌خواهی شیمیایی فاضلاب صنایع لبنی را به خود اختصاص می‌دهند به طوری که بار آلی فاضلاب‌های لبنی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰۰ گرم COD بر مترمکعب گزارش شده است (۱, ۲). از سوی دیگر غلظت جامدات معلق و مشتقات نیتروژن آن بالا بوده و تغییرات pH آن چشمگیر است (۳). بنابراین فاضلاب‌های صنایع لبنی حاوی مواد مغذی موثر در بروز پدیده اوتروفیکاسیون در منابع آبی هستند که این پدیده باعث صدمه و تغییر اکوسیستم‌های آبی و تهدیدی بر سلامت موجودات آبی باشد و همچنین باعث صدمه به اقتصاد اجتماعی که به آنها وابسته است، که مدیریت و کنترل این عوامل آلاینده نسبت به جبران صدمه وارده به اکوسیستم، کم هزینه‌تر است(٤).

از جمله روش‌های تصفیه فاضلاب صنایع لبنی می‌توان به روش‌های بیولوژیکی هوازی و بی‌هوازی مانند لجن فعال، برکه‌های بی‌هوازی، برکه‌های اکسیداسیون، صافی چکنده و سیستم‌های ترکیبی و روش‌های فیزیکوشیمیایی اشاره کرد(۱, ٤, ٥). اما هریک از این روش‌ها دارای معایب و مشکلاتی می‌باشند. معایب روش‌های بیولوژیکی شامل مصرف بالای انرژی، تولید بالای جرم سلولی، زمین مورد نیاز وسیع و هزینه بالا می‌باشند (۱). روش‌های تصفیه هوازی انرژی زیادی مصرف می‌کنند و روش‌های بی‌هوازی علی‌رغم اینکه انرژی مورد نیاز کمتری دارند اما در حذف نوترینت‌ها راندمان پایینی دارند (٤).

در میان روش‌های فیزیکوشیمیایی، انعقاد و لخته‌سازی برای حذف جامدات معلق و مواد کلوئیدی از فاضلاب صنایع لبنی بکار برده شده اند (٤). در برخی موارد از فرآیندهای فیزیکوشیمیایی به عنوان پیش‌تصفیه نیز بکار برده می‌شوند (٦). از جمله منعقدکننده‌هایی که برای تصفیه فاضلاب‌های صنایع غذایی بکاربرده شده‌اند می‌توان آهن، آلومینیوم و آهک را نام برد (٦). در سالهای اخیر نوع جدیدی از مواد منعقد کننده تحت عنوان منعقد کننده‌های پلیمری معدنی (Inorganic polymer flocculants or IPFs) با استفاده از نمکهای معمول آهن و آلومینیوم تهیه شدند. از جمله برتریهای منعقد کننده‌های پلیمری معدنی نسبت به منعقد کننده‌های متداول می توان به کارایی مناسب در محدوده گسترده تری از pH و کارایی بهتر در دماهای مختلف بویژه در دماهای پایین اشاره نمود. پلی آلومینیوم کلراید (Polyaluminum chloride) یکی از مهمترین انواع IPF ها می باشد که نسبت به گونه های دیگر کاربرد بیشتری دارند (۷). با افزودن این ماده به محلول، هیدروکسید آلومینیوم تشکیل می گردد. هیدروکسید آلومینیوم نامحلول یک لخته ژلاتینی است که به آهستگی در فاضلاب ته نشین شده و مواد معلق را با حرکت جارویی حذف کرده و باعث ایجاد کاهش مقدار آلاینده‌های موجود می‌شود (۸).

لذا این مطالعه با هدف بررسی فرآیند انعقاد با استفاده از پلی آلومینیوم کلراید به عنوان پیش‌تصفیه برای تصفیه فاضلاب صنایع لبنی زاهدان و تعیین شرایط بکارگیری و عملکرد پلی آلومینیوم کلراید در پیش تصفیه فاضلاب صنایع لبنی انجام شد. برای این منظور تاثیر pH و دوز منعقد کننده مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی آزمایشگاهی می باشد که به صورت ناپیوسته (شامل اختلاط سریع، اختلاط آهسته و ته‌نشینی) و در مقیاس آزمایشگاهی صورت گرفته است. برای انجام پژوهش، ابتدا کارخانه شیر مهتاج واقع در شهر زاهدان جهت آزمایشات مربوطه انتخاب گردید. محل برداشت نمونه، حوضچه جمع آوری انتخاب گردید و سپس نسبت به جمع‌آوری نمونه اقدام شد. انجام نمونه‌برداری از فاضلاب در پایان ساعت کاری و همچنین

www.SID.ir

Archive of SID

از عمق ۳۰ سانتیمتری سطح صورت گرفت. نمونه‌های تهیه شده در شرایط مناسب نگهداری، با حفظ زنجیره سرما (٤ درجه سانتیگراد) به آزمایشگاه انتقال داده شد و سپس آزمایشات براساس استاندارد متد انجام گردید.تمامی موادشیمیایی مورد استفاده در این مطالعه شامل اسید سولفوریک و سود، پلی آلومینیوم کلراید از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. ویژگی‌های فاضلاب لبنی خام مورد مطالعه (کارخانه شیر مهتاج) شامل اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، فسفر کل، کل نیتروژن کجلدال، جامدات محلول کل، درجه حرارت، pH، هدایت الکتریکی و کدورت اندازه‌گیری شدند که در جدول ۱ آورده شده است.

به منظور انجام آزمایشات از دستگاه جارتست (مدل TLT6) و ظروف شیشه‌ای به حجم ۲ لیتر مورد استفاده قرارگرفت. در طول اختلاط سریع، دوز مورد نظر از پلی آلومینیوم کلراید به هر بشراضافه شد. پس ازاختلاط سریع، به سرعت آن را در فاز اختلاط آرام قرار داده و مدت زمان مورد نیاز با زمان سنج اندازه گرفته شد. در این مطالعه، شدت و زمان اختلاط برای اختلاط سریع و اختلاط آهسته به ترتیب ۲ ± ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه و ۲±٤۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه انتخاب شد. پس ازاختلاط آهسته، ظروف به آرامی از دستگاه جار خارج شدند و به نمونه‌ها ۳۰ دقیقه فرصت ته‌نشینی داده شد. در پایان مدت ته‌نشینی، نمونه‌ای ازمایع رویی جهت اندازه‌گیری پارامترهای هدف (COD, Turbidity, EC، BOC، TP، TKN و TDS) گرفته شد. اندازه‌گیری هریک از پارامترهای مورد بررسی براساس روش‌های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آب و فاضلاب صورت گرفت که شماره استاندارد هریک نیز در جدول ۱ آمده است. تمام آزمایشات دردمای اتاق ($21\pm2\ ^{o}C$) اجراشد. در نهایت راندمان منعقد کننده در حذف پارامترهای مورد بررسی، از طریق فرمول زیر محاسبه شد (۹):

$$\text{راندمان}\% = 100 \times \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \qquad (۱)$$

که درآن C_i غلظت اولیه آلاینده (mg/L) و C_f غلظت نهایی آلاینده (mg/L) است.

یافته‌ها

۳-۱- ویژگی‌های فاضلاب مورد مطالعه

در این تحقیق به منظور ارزیابی فرآیند انعقاد با استفاده از پلی آلومینیوم کلراید به عنوان پیش‌تصفیه برای تصفیه فاضلاب صنایع لبنی و تعیین شرایط بهینه از فاضلاب واقعی استفاده شد. پس از نمونه‌برداری، ویژگی‌های فاضلاب واقعی که از فاضلاب کارخانه شیر مهتاج گرفته شده بود اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول یک آمده است. مقادیر ذکر شده در جدول یک مقادیر میانگین هریک از پارامترها می‌باشند.

۳-۲- تأثیر pH بر راندمان حذف COD ، BOC، TP، TKN و TDS

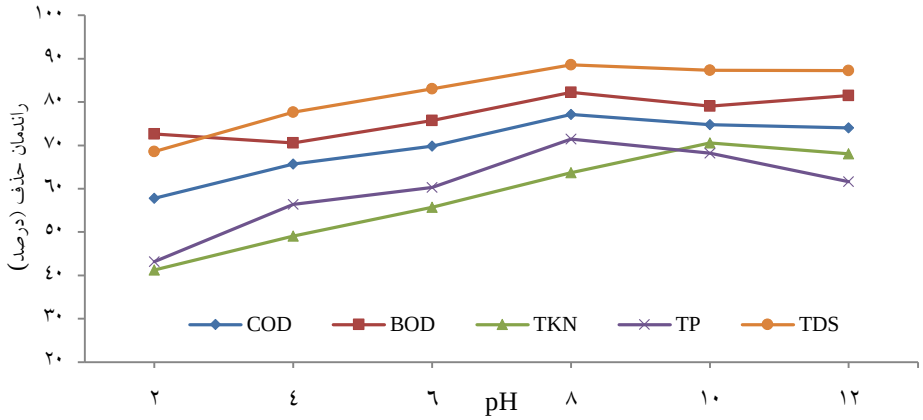
برای دستیابی به راندمان بالاتر در کاربرد منعقد کننده‌ها در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی به منظور حذف پارامترهای هدف بررسی اثر pH بر فرآیند یک امر ضروری می‌باشد. از اینرو سنجش اثر pH محلول بر

جدول ۱: مقادیر مربوط به پارامترهای مورد بررسی فاضلاب خام کارخانه شیر مهتاج

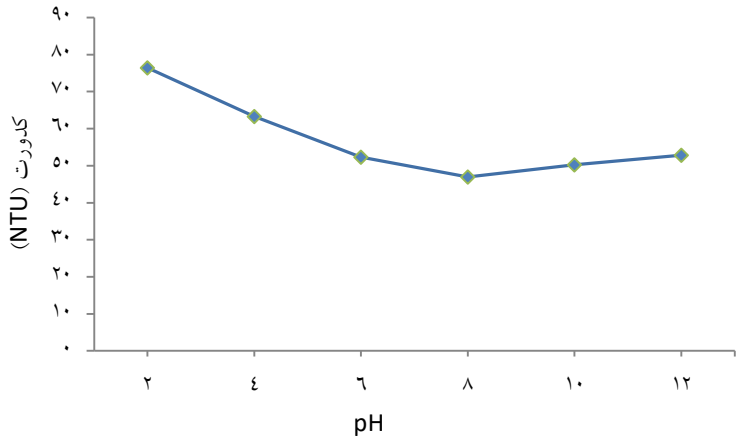
پارامتر	واحد	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار	شماره استاندارد متد/ ابزار سنجش
COD	mg/l	۶۰۳۲	٤۸۳٤	٥٤٦۸	۳٦٥	٥۲۲۰
BOD_5	mg/l	۲۷۱۰	۲٥٤٦	۲٦۰۰	۱۳٦	٥۲۱۰
TP	mg/l	٥۸	٤٦	٥۲	۱۲/٥	P-٤٥۰۰
TKN	mg/l	۱۰٥/٥	۸٦	۹۷	٥/٤	NH_3-٤٥۰۰
TDS	mg/l	۱۰۳٦	٦۱۲	۸۲٤	۱۰٦	۱۰۳۰
pH	---	۸/٦۳	۷/۸۸	۸/٤۲	۱/۳	pH متر
T	°C	۳۷	۳۲	۳٤	۲/۳	دما سنج
EC	µS/cm	۲۷۳۹	۱٦۲۲	۱۸۲٦	۲۱۲	EC متر
Turbidity	NTU	۱۸٤/٥	۱۱٦	۱٤۳	۲۱/٤	کدورت سنج

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱: تأثیر pH اولیه پساب در حذف آلاینده ها با استفاده از منعقد کننده PAC (PAC= ۵۰ mg/l، زمان ته نشینی = ۳۰ دقیقه، دما= ۲±۲۲)



نمودار ۲: میزان تغییرات کدورت در پساب نهایی با تغییرات pH اولیه پساب (PAC= ۵۰ mg/l، زمان ته نشینی = ۳۰ دقیقه، دما= ۲±۲۲)

راندمان فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقد کننده PAC مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس محدوده ۲ تا ۱۲ برای pH تعیین و تحت شرایط ثابت (دوز منعقد کننده برابر ۵۰ mg/l، اختلاط سریع ۲ دقیقه، اختلاط آرام ۳۰ دقیقه، مدت زمان ته نشینی ۳۰ دقیقه و شرایط دمایی محیط) پارامترهای مورد بررسی شامل (COD ، BOC، TP، TKN و TDS) اندازه‌گیری شدند.

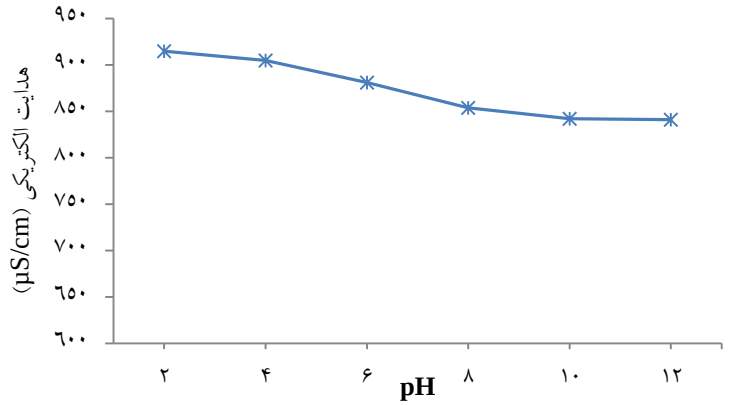
نتایج حاصل از آزمایشات اثر pH بر راندمان حذف پارامترهای COD ، BOC، TP، TKN و TDS در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقد کننده PAC در نمودار ۱ آورده شده است. با بررسی نتایج بدست آمده، مشخص می‌شود که با افزایش pH کارایی حذف بطور کلی افزایش می‌یابد. این میزان افزایش در حذف آلاینده‌ها تا pH برابر ۸ برای اکثر آلاینده های مورد بررسی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. بطوری که برای COD، BOD، TKN، TPو TDS حداکثر مقادیر حذف در pH برابر ۸ به ترتیب برابر ۷۷/۱۲، ۸۲/۲۵، ۶۳/۶۸، ۷۱/۴۱ و ۸۸/۵۸ درصد بدست آمد. با افزایش بیشتر pH، راندمان فرآیند برای COD، BOD، TPو TDS به طور محسوسی روند نزولی دارد و برای TKN یه افزایش جزئی و سپس کاهش مشاهده می‌شود.

۳-۳- تاثیر pH بر میزان تغییرات کدورت پساب نهایی

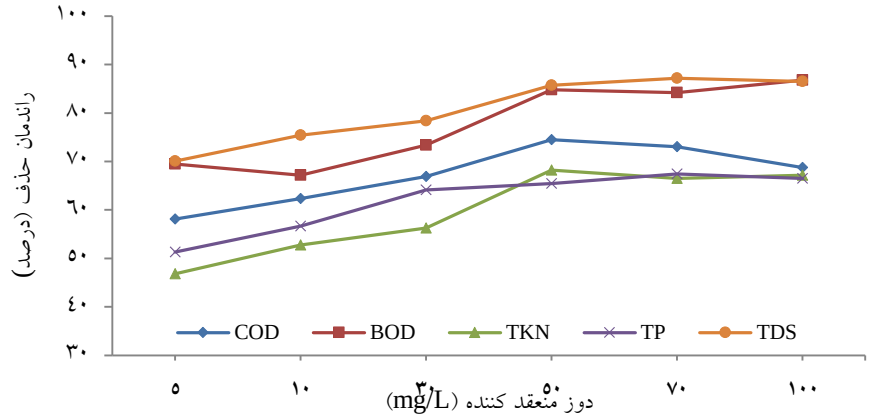
نتایج بررسی اثر pH بر میزان تغییرات کدورت پساب نهایی در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقد کننده PAC در نمودار ۲ آورده شده است. همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، کدورت فاضلاب مورد مطالعه با افزایش pH کاهش می‌یابد و بطور کلی این روند نزولی تا pH برابر با ۸ ادامه می‌یابد بطوری که در pH برابر با ۸ کدورت پساب نهایی به ۴۶/۹۸ NTU می‌رسد. اما با قلیایی شدن اندک محیط، کدورت پساب نهایی کمی افزایش می‌یابد و در pH برابر با ۱۲ به ۵۲/۸۴ NTU می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳: میزان تغییرات هدایت الکتریکی در پساب نهایی با تغییرات pH اولیه پساب (PAC= ۵۰ mg/l، زمان ته نشینی = ۳۰ دقیقه، دما= ۲±۲۲)



نمودار ٤: تعیین دوز بهینه PAC در حذف آلاینده ها (pHبرابر ۸، زمان ته نشینی = ۳۰ دقیقه، دما= ۲±۲۲)

۳-٤- تاثیر pH بر میزان تغییرات هدایت الکتریکی پساب نهایی

نتایج بررسی اثر pH بر میزان تغییرات هدایت الکتریکی پساب نهایی در فرآیند انعقاد و لخته‌سازی با استفاده از منعقد کننده PAC در نمودار ۳ آورده شده است. با توجه به نمودار ۳، افزایش pH اولیه فرآیند انعقاد با استفاده از منعقد کننده PAC منجر به کاهش هدایت الکتریکی پساب نهایی می‌شود بطوری که در pH برابر با ۸ هدایت الکتریکی پساب نهایی به ۸۵٤ µS/cm می‌رسد. این روند کاهش با افزایش بیشتر pH ادامه می‌یابد. اما کاهش بیشتر هدایت الکتریکی پساب نهایی که در pH های بالاتر از ۸ مشاهده می‌شود، قابل توجه نمی‌باشد. بنابراین مقدار pH برابر ۸ به عنوان pH بهینه، انتخاب و برای مراحل بعدی فرآیند مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۵- تعیین دوز بهینه PAC

مکانیسم‌های حذف آلاینده ها به غلظت ماده منعقد کننده بستگی دارد که در این شرایط مکانیسم غالب از نوع جذب سطحی یا جارویی یا ترکیبی از دو مکانیسم است. بنابراین دوز منعقد کننده بهینه به عنوان یکی ازمهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله از غلظت‌های مختلف PAC (۵-۱۰۰ mg/l) در شرایط ثابت pH برابر ۸ استفاده گردید. نتایج حاصل از بررسی تأثیر دوز منعقد کننده PAC بر راندمان حذف COD، BOD، TKN، TP و TDS در نمودار ٤ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، با افزایش دوز PAC از ۵ تا ۵۰ mg/l میزان حذف آلاینده ها نیز افزایش می‌یابد. حداکثر راندمان ۷٤/۵۱، ۸٤/۸۱، ٦۸/۲٤، ٦۵/٤٦ و ۸۵/٦۹ درصد به ترتیب برای COD، BOD، TKN، TP و TDS در غلظت منعقد کننده برابر با ۵۰ mg/l حاصل شد.سپس با افزایش بیشتر منعقدکننده، میزان حذف آلاینده‌ها کاهش یافته است.

۳-٦- تاثیر دوز منعقد کننده PAC بر تغییرات کدورت و هدایت الکتریکی پساب نهایی

تأثیر دوز منعقد کننده PAC در فرآیند انعقاد بر میزان کدورت پساب نهایی مورد بررسی قرار گرفت. با اندازه‌گیری کدورت در این مرحله مشاهده گردید که افزایش دوز منعقد کننده مصرفی تا ۵۰ mg/l موجب کاهش کدورت می‌شود و میزان کدورت پساب نهایی در

www.SID.ir

Archive of SID

این دوز به NTU ۲۵/۳٤ رسید و سپس با افزایش منعقد کننده، میزان کدورت پساب نهایی نیز افزایش یافت و در دوز منعقد کننده برابر با mg/l ۱۰۰ به NTU ۳۳/۸۲ رسید.

تغییرات هدایت الکتریکی پساب نهایی با تغییر دوز منعقد کننده مصرفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش دوز منعقدکننده مصرفی از ۵ تا mg/l ۵۰، هدایت الکتریکی پساب نهایی نیز کاهش می‌یابد و از µS/cm ۸۲۹ به µS/cm ۷۵۱ می‌رسد. با افزایش بیشتر دوز منعقد کننده مصرفی، هدایت الکتریکی محلول افزایش می‌یابد و به µS/cm ۹۰۰ در دوز منعقد کننده برابر با mg/l ۱۰۰ می‌رسد.

بحث

pH محلول یکی از مهم‌ترین پارامترها در فرایند انعقاد و حذف آلاینده‌ها از راه محلولهای آبی است. فقط با استفاده از یک ماده منعقدکننده در pH مطلوب حذف حداکثر آلاینده اتفاق می افتد. از سوی دیگر، مواد شیمیایی منعقدکننده محدوده pH مطلوب آن که در عمل انعقاد و لخته سازی رخ می‌دهد در کوتاه‌ترین زمان انجام می‌شود (۱۰-۱۲). محققان تنها روش مطمئن برای تعیین محدود pH مناسب در فرایند انعقاد و لخته‌سازی را روش آزمون و خطا و استفاده از نتایج آزمایشگاهی معرفی نموده‌اند (۸). از طرفی pH منعقد کننده پلی آلومینیوم کلراید کمترین اثر را بر کاهش قلیاییت داشته و لذا در محلول‌هایی که دارای قلیاییت طبیعی پایین هستند، کارایی بالایی در انعقاد خواهد داشت. با توجه به تأثیر اندک قلیاییت بر کارایی این منعقدکننده به احتمال زیاد مکانیسم حذف ذرات کلوییدی به روش حرکت جارویی و جذب سطحی و خنثی‌سازی بار خواهد بود (۱۰). نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایشpH تا حدود ۸، میزان انعقاد و حذف آلاینده‌ها از فاضلاب لبنی افزایش می‌یابد.

و همکاران تصفیه فاضلاب لبنی با ۳ منعقد کننده PAC، $FeSO_4$ و $KAl(SO_4)_2$ را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد با افزایش pH تا حدود ۸، راندمان حذف COD افزایش می‌یابد و در این pH راندمان حذف به حداکثر مقدار خود می‌رسد و برای هریک منعقد کننده‌های مورد استفاده به ترتیب برابر با ٦۹/۲، ٦۵/۳ و ۵۷/۳ درصد می‌باشد (٤).

در pH های بالاتر از ۸، بررسی تشکیل گونه‌های Al(III) نشان می‌دهد که آلومینیوم موجود در آب به شکل یون‌های $Al(OH)_4^-$ خواهد بود و راندمان حذف COD با استفاده از PAC به دلیل دافعه الکترواستاتیک بین ذرات کلوئیدی دارای بار منفی در فاضلاب لبنی و یون‌های $Al(OH)_4^-$ کاهش می‌یابد (۱۳, ۱٤).

حذف آلاینده‌ها در محدوده pH قلیایی احتمالاً به علت واکنش با یونهای هیدروکسید که تشکیل فلوکهای هیدروکسید را می‌دهند، می باشد (۱۱, ۱۵). این نتیجه در راستای نتایج به دست آمده توسط Sarkar و همکاران در تصفیه فاضلاب لبنی و استفاده مجدد توسط آلوم می باشد (۱٦). در نتایج مطالعه دیگری که گلستانی فر و همکاران برای حذف نیترات از محلولهای آبی توسط پودر آلومینیوم انجام دادند، مشخص می‌گردد حذف نیترات به pH محلول بستگی دارد و با افزایش در pH از ٤ تا ۱۲ میزان کارایی حذف بصورت چشمگیری افزایش می‌یابد و در pH برابر ۱۰ به حداکثر مقدار خود می‌رسد (۱۷). حسنی و همکاران در حذف رنگ اسید آبی با استفاده از PAC نیز نشان دادند که با افزایش pH تا ۸ کارایی این ماده در حذف رنگ افزایش می‌یابد (۸). در سال ۲۰۱۲، Ayeche و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان کاربرد آهک در تصفیه فاضلاب لبنیاتی نشان دادند که با افزایش در pH کارایی حذف COD کاهش می‌یابد که این نتیجه را به دلیل خواص بنیادی در ساختار نوع یا غلظت آلاینده‌ها و منعقدکننده نسبت دادند (۱۸). با توجه به pH فاضلاب خام و pH بهینه به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت نیازی به تنظیم اولیه pH جهت رسیدن به شرایط مطلوب ندارد لذا استفاده از مواد شیمیایی جهت تنظیم pH که یکی از

www.SID.ir

Archive of SID

معایب روش انعقاد برای تصفیه فاضلاب است وجود ندارد.

مقدار دوز انعقادی یکی از پارامترهای مهم به منظور تعیین شرایط بهینه عملکرد در انعقاد و لخته‌سازی می باشد. اساساً، دوز ناکافی و یا دوز بیش از حد منجر به عملکرد ضعیف تشکیل لخته شود. بنابراین، تعیین دوز بهینه برای به حداقل رساندن مقدار هزینه و شکل گیری لجن و همچنین برای به دست آوردن عملکرد مطلوب در تصفیه، مهم است (۱۷). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهند که راندمان حذف آلاینده های فاضلاب لبنی با افزایش دوز منعقد کننده، افزایش یافته است. به بیان دیگر، با افزایش دوز منعقد کننده تا mg/l ۵۰، راندمان حذف افزایش یافته است. اما بعد از این مقدار و تا دوز منعقد کننده برابر با mg/l ۱۰۰، راندمان حذف پارامترهای COD، BOD، TKN، TP و TDS افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشته و حتی در برخی مواد منجر به کاهش راندمان حذف شده است. میزان کدورت و هدایت الکتریکی در پساب نهایی نیز با افزایش دوز منعقدکننده در مقادیر بالاتر از mg/l ۵۰، افزایش یافته است.

افزایش دوز منعقدکننده تا مقادیری بالاتر از مقدار بهینه، سبب پایداری مجدد کلوئیدها می‌شود (۱۹). مطالعات مشابه نشان دادند که با افزایش دوز آلومینیوم تا یک حد مشخص، راندمان حذف نیترات افزایش می‌یابد و سپس با افزایش بیشتر دوز آلومینیوم، راندمان حذف نیترات کاهش می یابد (۲۰). ماهیت کلوئیدی فاضلاب لبنی اساسا به خاطر وجود کازئین (پروتئین شیر) است. نقطه ایزوالکتریک (pH_{iso}) فاضلاب لبنی حدود ٤/٢ است. پروتئین‌های شیر موجود در فاضلاب لبنی در pH های بالاتر از pH ایزوالکتریک بصورت منفی باردار هستند که توسط کاتیون‌های آلومینیوم تشکیل شده ناشی از PAC حذف می‌شوند. افزایش حذف COD همراه با افزایش دوز منعقد کننده مصرفی به دلیل افزایش غلظت گونه‌های مختلف هیدرولیز شده است که ذرات کلوئیدی را ناپایدار می‌سازند. با افزایش بیشتر دوز منعقد کننده pH نهایی پساب به کمتر pH نقطه ایزوالکتریک می‌رسد که منجر به باردارشدن معکوس پروتئین‌های شیر می‌شود و همین پدیده می‌تواند دلیل کاهش راندمان حذف پارامترهای مورد بررسی، با افزایش دوز منعقد کننده بیشتر از mg/l ۵۰ باشد (٤). کوشواها و همکاران نیز افزایش راندمان حذف COD با استفاده از PAC را همراه با افزیش دوز منعقد کننده از ۱۰۰ تا mg/l ۳۰۰ گزارش کردند که در دوز برابر با mg/l ۳۰۰ راندمان حذف COD به ٦٩/٢ درصد رسید (٤).

لولویی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۵ فرآیند انعقاد فاضلاب صنایع لبنی با استفاده از منعقدکننده هایی نظیر آلوم و سولفات فروس را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد آلوم با راندمان حذف ٦٨ و ۹۵ درصد به ترتیب برای جامدات معلق و COD، موثرتر از سولفات فروس با راندمان حذف ٦٢ و ۹۵ درصد به ترتیب برای جامدات معلق و COD عمل می‌کند (۲۱). راندمان بدست آمده برای COD در مطالعه حاضر بالاتر از راندمان بدست آمده در مطالعه لولویی و همکاران می‌باشد. با این وجود راندمان بدست آمده با پلی آلومینیوم کلراید در مطالعه حاضر پایین تر می‌باشد که می توان دلیل آن را تفاوت در کدورت اولیه در پساب مورد مطالعه در دو مطالعه ذکر شده، بیان کرد.

آیچ و همکاران نیز مطالعه ای با عنوان تصفیه فاضلاب لبنی با استفاده از انعقاد و لخته سازی با آهک زائد شرکت ملی گاز الجزایر در سال ۲۰۱۲ انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که دوز منعقدکننده بهینه برای تصفیه فاضلاب برابر با mg/l ٤۰۰۰ است که در این دوز منعقدکننده راندمان حذف BOD و COD به ترتیب به حدود ٥٤ و ٤٩ درصد می‌رسد و راندمان حذف جامدات معلق و فسفر کل نیز به ترتیب به ۹۲ و ۸۳ درصد رسید (۲۲).

نتایج مطالعه پالاوی و همکاران برروی تصفیه

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب لبنی با استفاده از مورینگا اولیفرا در سال ۲۰۱۳ نیز نشان داد که دوز بهینه مورینگا برابر با ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بوده است که راندمان COD، جامدات کل و روغن و گریس در این شرایط به ترتیب به ٦٤/۲۸، ۵۳/۹۵ و ۸۵/۲۸ درصد رسید (۲۳).

این مطالعه با هدف بررسی فرآیند انعقاد با استفاده از پلی آلومینیوم کلراید به عنوان پیش‌تصفیه برای تصفیه فاضلاب صنایع لبنی زاهدان و تعیین شرایط بکارگیری و عملکرد پلی آلومینیوم کلراید در پیش تصفیه فاضلاب صنایع لبنی انجام شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که با افزایش pH اولیه پساب تا pH برابر با ۸، راندمان حذف پارامترهای COD، BOD، TKN، TPوTDS نیز افزایش می‌یابد و با افزایش بیشتر pH تا pH برابر با ۱۲ راندمان حذف افزایش محسوسی نداشته و در مورد برخی پارامترها کاهش یافته است. میزان کدورت و هدایت الکتریکی پساب نهایی نیز در pH برابر با ۸ به کمترین مقدار خود می‌رسند و با افزایش بیشتر pH مقادیر این دو پارامتر نیز در پساب نهایی افزایش می‌یابد. با افزایش دوز منعقد کننده تا ۵۰mg/L، راندمان حذف پارامترهای COD، BOD، TKN، TPوTDS نیز افزایش یافته و در مقادیر منعقدکننده بالاتر از این مقدار، کاهش راندمان حذف مشاهده می‌شود. با افزایش دوز منعقد کننده بیشتر از ۵۰mg/L، میزان کدورت و هدایت الکتریکی پساب نهایی نیز افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که پلی آلومینیوم کلراید می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای پیش تصفیه فاضلاب لبنی مد نظر قرار گیرد. از جمله محدودیت‌های این روش می‌توان به لجن تولیدی و در نتیجه مدیریت آن اشاره نمود. امید است مطالعات آتی با تاکید بر رفع یا کاهش این محدودیت طراحی شوند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی زاهدان جهت حمایت مالی و کارشناسان آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی زاهدان به خاطر کمک‌های بی‌دریغشان اعلام می‌دارند.

References

1. Heaven MW, Wild K, Verheyen V, Cruickshank A, Watkins M, Nash D. Seasonal and wastewater stream variation of trace organic compounds in a dairy processing plant aerobic bioreactor. Bioresource technology. 2011;102(17):7727-36.
2. Hajiabadi H, AlaviMoghadam SM, Hashemi SH. The Effect of Organic Loading Rate on Milk Wastewater Treatment Using Sequencing Batch Reactor (SBR). Water and Wastwwater. 2009;3.
3. Mehrdadi N, Zahedi A, Aghdam AM, Yasini AA. Application of Ultrasonic Wave Irradiation for Hydrolysis and Amortization of Ability of Biological Analysis of Organic Substances in Dairy Wastewater. Water and Wastwwater. 2010;2.
4. Kushwaha JP, Srivastava VC, Mall ID. Treatment of dairy wastewater by inorganic coagulants: Parametric and disposal studies. Water research. 2010;44(20):5867-74.
5. Tchamango S, Nanseu-Njiki CP, Ngameni E, Hadjiev D, Darchen A. Treatment of dairy effluents by electrocoagulation using aluminium electrodes. Science of the total environment. 2010;408(4):947-52.
6. Satyanarayan S, Satyanarayan S. Treatment of Food Processing Industry Wastewater by a Coagulation/Flocculation Process. International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2013;2.
7. Hasani-Zonoozi M, Alavimoghaddam M, Arami M. Removal of CI Acid Blue 292 using polyaluminum chloride. J Color Sci Tech. 2008;2:87-94.
8. El-Naas MH, Al-Zuhair S, Alhaija MA. Reduction of COD in refinery wastewater through adsorption on date-pit activated carbon. Journal of hazardous materials. 2010;173(1):750-7.
9. Farizoglu B, Uzuner S. The investigation of dairy industry wastewater treatment in a biological high performance membrane system. Biochemical Engineering Journal. 2011;57:46-54.
10. Koprivanac N, Kusic H. Hazardous organic pollutants in colored wastewaters: Nova Science Publishers

www.SID.ir

Archive of SID

Hauppauge; 2009.
11. Chu W. Dye removal from textile dye wastewater using recycled alum sludge. Water Research. 2001;35(13):3147-52.
12. Zazouli MA, Taghavi M, Bazrafshan E. Influences of Solution Chemistry on Phenol Removal From Aqueous Environments by Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes. Journal of Health Scope. 2012;1(2):66-70.
13. Ghanbari F, Mazaheri A, Mahdi pour F, Mir Shafieyan Sd, Moradi M, Sharifi Malek sara H. Evaluation of electrocoagulation processeffect in decolorization ofdying wastewater by using Al/Fe & Al/Cu electrodes. 2. 2014;20(5):716-25.
14. Zazouli MA, Taghavi M. Phenol Removal From Aqueous Solutions by Electrocoagulation Technology Using Iron Electrodes: Effect of Some Variables. Proceeding of International Conference on Chemical and Material Engineering; Semarang Indonesia: Department of Chemical Engineering Diponegoro University; 2012.
15. Ghorbanian M, Mosavi SG, Hosseini Z. Investigating the removal of high turbidity from water by electrocoagulation. 2. 2015;22(1):7-16.
16. Sanghi R, Bhattacharya B, Dixit A, Singh V. Ipomoea dasysperma seed gum: an effective natural coagulant for the decolorization of textile dye solutions. Journal of environmental management. 2006;81(1):36-41.
17. Sarkar B, Chakrabarti P, Vijaykumar A, Kale V. Wastewater treatment in dairy industries—possibility of reuse. Desalination. 2006;195(1):141-52.
18. Golstanifar H, Nasseri S, Mahvi AH, Dehghani MH, Asadi A. Evaluation of Aluminum Powder Efficiency in Removal of Nitrate from Aqueous Solutions. Journal health and hygiene of Ardabil. 2011;2(2):36-44.
19. Nateghi R, Assadi A, Bonyadinejad GR, Safa S. Effectiveness of coagulation process in removing reactive blue 19 dye from textile industry wastewater. Journal of Color Science and Technology. 2011;5:235-42.
20. Shi B, Li G, Wang D, Feng C, Tang H. Removal of direct dyes by coagulation: The performance of preformed polymeric aluminum species. Journal of Hazardous Materials. 2007;143(1):567-74.
21. Loloei M, Alidadi H, Nekonam G, Kor Y. Study of the coagulation process in wastewater treatment of dairy industries. International Journal of Environmental Health Engineering. 2014;3(1):12.
22. Ayeche R. Treatment by Coagulation-Flocculation of Dairy Wastewater with the Residual Lime of National Algerian Industrial Gases Company (NIGC-Annaba). Energy Procedia. 2012;18:147-56.
23. Pallavi N, Mahesh S. Feasibility study of moringa oleifera as a natural coagulant for the treatment of dairy wastewater. Int J Eng Res. 2013;2:200-2.

www.SID.ir

Archive of SID

Original Article

Optimal Condition of Coagulation Process Using Poly Aluminium Chloride in Dairy Wastewater Treatment

Mostafa Alizadeh
MSc Student of Environmental Health, students scientific research center of University of Medical Sciences Zahedan, Zahedan, Iran.

Somaye Rahimi
MSc Student of Environmental Health, students scientific research center of University of Medical Sciences Zahedan, Zahedan, Iran.

Ferdos Kord Mostafapoor
Associate Professor, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.

Edris Bazrafshan
Associate Professor, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.

Edris Hoseinzadeh
Ph.D Student of Environmental Health Engineering, Young Researchers & Elites Club Hamedan Branch Islamic Azad University Hamedan, Iran.

****Mahmoud Taghavi***
Ph.D Student of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health, School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran.

Received:03/09/2015**, Revised:**10/11/2015**, Accepted:**18/01/2016

Corresponding author:
Mahmoud Taghavi,
School of Public Health, Zabol University of Medical Sciences, Zabol, Iran.
E-mail: taghavi66@yahoo.com

Abstract

Background & Objectives: With increasing the dairy products, particularly cheese, the problem of pollution arisen from the corresponding wastewaters and their treatment is being more serious than before. One of the used treatment methods for such wastewaters is coagulation process. This study was done with the aim of determining optimal condition of coagulation process for dairy wastewater treatment using poly Aluminium chloride (PAC).

Materials & Methods: At first, the coagulation process with PAC coagulant was used under laboratory conditions. By changing important parameters affecting the system pH (2-12) and coagulant dosage (5-100 mg/L), the decreasing of quality parameters of effluent such as Chemical Oxygen Demand(COD), Biological Oxygen Demand(BOD), Total Kjehldahl nitrogen (TKN), Total Phosphorous(TP) and Total Dissolved Solids (TDS) were obtained.

Results: Experiments showed the removal efficiency of COD, BOD, TKN, TP, and TDS in pH 8 and coagulant dosage of 50 mg/L at 22±2 °C can be reached to 74.51, 84.81, 68.24, 65.46 and 85.69, respectively, which were the highest amounts among the pHs and coagulant dosages studied.

Conclusion: The results showed that PAC coagulant is able to improve quality parameters of dairy wastewaters to standard levels. Because of availability, easy operation and acceptable removal efficiency for this wastewater type, PAC coagulant can be used for treatment of dairy industries wastewater.

Key words: *Dairy Wastewater, Coagulation, PAC*

www.SID.ir