

# بررسی پسابهای نساجی استان تهران و کارایی رنگبری آنها توسط کربنات منیزیم

\* دکتر علی ترابیان

\*\* مریم مهجوری

## کلمات کلیدی:

پسابهای نساجی، بازیابی کربنات منیزیم، حذف رنگ، انعقاد و لخته سازی.

## چکیده:

با جمع آوری اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه و نمونه برداری از پساب کارخانجات نساجی استان تهران که بیش از ۵۰ نفر کارگر فعال داشتند پساب این صنعت مطالعه شد.

سهم پساب رنگرزی در آلودگی، بسیار قابل توجه است لذا استفاده از کربنات منیزیم به عنوان یک منعقد کننده قابل بازیابی در حذف رنگ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشها روی نمونه های رنگ با غلظت ۱۰۰ Mg/lit و در pH مربوط به پساب آن نوع رنگ انجام شد (مثلاً برای رنگ راکتیو ۸/۳ در نظر گرفته شد). کربنات منیزیم در مورد برخی رنگها مانند رنگ خمی، عملکرد بسیار مطلوبی دارد. به طوری که افزایش ۴۰ mg/lit کربنات منیزیم می تواند رنگبری ۲۵۰ mg/lit آهک را از ۵۷٪ به ۸۶/۹٪ برساند. در مورد رنگهای دیگر می توان با اصلاحات اندکی از قبیل مقدار کمی سولفات فرو (برای رنگهای اسیدی یا دیسپرس) و یا بنتونیت (برای رنگهای بازیکی) به کربنات منیزیم و آهک، به رنگبری بسیار مناسبی دست یافت. بازیابی این منعقد کننده به کمک گاز CO<sub>2</sub> با موفقیت صورت می گیرد و هیدروکسید منیزیم راسب شده دو باره در pH ≈ ۹/۳ به صورت محلول کربنات و بیکربنات منیزیم در آمده، جهت رنگبری استفاده می گردد. به عنوان مثال رنگ راکتیوی که با غلظت مشخص کربنات و آهک ۹۵/۸٪ رنگبری دارد با استفاده از همان مقدار کربنات منیزیم بازیافتی و غلظت اضافی آهک در مراحل مکرر بعدی بیش از ۹۵٪ رنگبری را نشان می دهد.

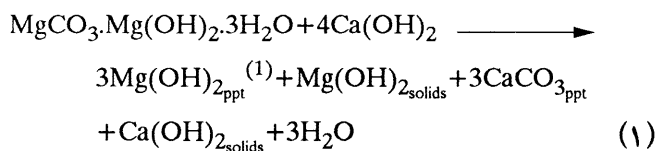
\* - استاد یار و معاون پژوهشی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.

\*\* - کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، محقق آزمایشگاه دانشکده محیط زیست.

## مقدمه :

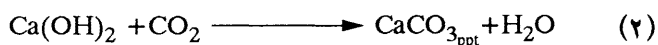
درصد  $Mg(HCO_3)_2$  تشکیل می شود. منیزیم محلول می تواند به فرایند انعقاد برگردانده شده، با افزایش آهک ته نشین شود (۴ و ۵).

مکانسیم کامل حذف رنگ توسط کربنات منیزیم آبدار بازی و آهک مطابق واکنش زیر است (۹).

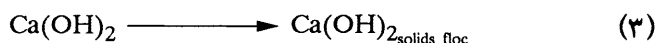


احتمالاً ترکیبهای حاصله از واکنش، مواد مولد رنگ را جذب کرده، طی عمل، سبب ته نشینی حذف آن از پساب می شوند. با اطمینان نمی توان رنگبری پساب را به یکی از این ترکیبها نسبت داد. به همین دلیل باید تأثیر هر یک از این ترکیبها را به تنهایی مورد بررسی قرار داد تا بتوان مهمترین ماده یا مواد را در رنگبری تعیین کرد.

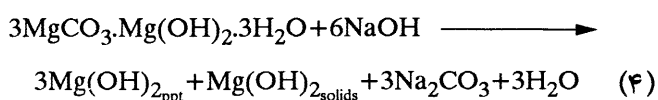
هنگامی که حبابهای گاز دی اکسید کربن به محلول هیدروکسید کلسیم وارد می شود تنها کربنات کلسیم ته نشین می شود و بررسی کارایی حذف رنگ توسط  $CaCO_{3_{ppt}}$  را می توان با واکنش زیر بررسی کرد (۹):



در صورتی که از گاز دی اکسید کربن استفاده نشود تنها تأثیر فلاکهای هیدروکسید کلسیم وجود دارد (۹).



برای حذف تأثیر  $CaCO_{3_{ppt}}$  و  $Ca(OH)_2_{solids}$  در کاهش رنگ، اگر در معادله اصلی به جای آهک از محلول هیدروکسید سدیم استفاده شود (۹).



در حال حاضر هیچگونه آمار و ارقام دقیقی راجع به حجم پسابهای صنعتی کشور و چگونگی تصفیه آنها وجود ندارد. با توجه به اهمیت حفاظت کیفی منابع آب، مطالعه در زمینه دستیابی به روشهای مناسب تصفیه صنایع مختلف ضروری به نظر می رسد. در میان پسابهای صنعتی، صنایع نساجی با توجه به آلودگی شدید و حجم زیاد آب مصرفی و پساب تولیدی از اهمیت ویژه ای برخوردارند و به پساب بخش رنگرزی و تکمیل این صنایع توجه ویژه ای می شود. به همین منظور روی پسابهای صنایع نساجی استان تهران با کارکنانی بیش از ۵۰ نفر (و به تعداد ۵۰ کارخانه<sup>(۱)</sup>) تحقیقی صورت گرفت و کمیت و کیفیت این پسابها بررسی شد تا وضعیت پساب صنعت نساجی در استان تهران در سال ۷۵ مورد ارزیابی قرار گیرد.

از سویی مقادیر ناچیز رنگ موجود در پساب اغلب باعث رنگی شدن مقادیر زیاد پساب، می شود و تحت فرایندهای تصفیه متداول خیلی کم حذف می گردد. رنگ از فرایندهای تصفیه بیولوژیکی بدون تغییر عبور کرده، پساب رنگی باقی می ماند. اگر رنگ با ته نشینی در تصفیه خانه حذف شود در لجن ظاهر خواهد شد که این حجم و نحوه دفع آن مشکل زا خواهد بود (۵).

با وجود این انعقاد شیمیایی روش اصلی برای حذف رنگ پساب است که منعقد کننده های متداول عبارت از آلوم، سولفات فرو، کلرور فریک و آهک می باشند و لیکن بعضی رنگها با این منعقد کننده ها رنگبری نمی شوند (۵). از سویی معمولاً مقادیر ماده شیمیایی مورد نیاز زیاد بوده، حجم زیادی لجن تولید می شود که باید دفع گردد. کربنات منیزیم می تواند به عنوان یک ماده موثر نسبت به منعقد کننده های قابل بازیابی مورد بررسی قرار گیرد.

## تعریف مفاهیم و متغیرهای مورد مطالعه

کربنات منیزیم در pH مناسب به صورت هیدروکسید منیزیم که یک رسوب ژلاتینی است ذرات کلونید را جمع کرده، خارج می کند. بازیابی منیزیم در لجن از طریق کاهش pH به کمک گاز  $CO_2$  و انحلال  $Mg(OH)_2$  صورت می گیرد که نوع ماده تولید شده تابع pH است. به طوری که در  $pH=9$ ،  $50-25$  درصد  $MgCO_3$  و  $75-50$  درصد  $Mg(HCO_3)_2$  در  $pH=8$ ،  $100$

لخته سازی قرار گرفت. زمان ته نشینی نیز یکساعت بود. در انعقاد و لخته سازی با کربنات منیزیم و آهک تفاوتی وجود داشت بدین ترتیب که بعد از افزایش سوسپانسیون کربنات منیزیم آبدار بازی، اختلاط مناسب به مدت ۳ دقیقه با دور ۱۰۰rpm انجام می شد و سپس افزایش آهک و مراحل بعد دنبال می گشت (۱۰).

پس از ته نشینی، از قسمت شفاف نمونه برداشته، جذب آن خوانده شد. جهت تعیین میزان کاهش رنگ از دستگاه اسپکتروفتومتریک استفاده شد و با اسکن در محدوده مرئی حداکثر جذب رنگ اصلی و طول موج مربوطه به هر نوع رنگ مشخص گشت. میزان جذب بقیه نمونه های مورد مقایسه همان نوع رنگ نیز در همان طول موج جذب حداکثر خوانده شده و بدین ترتیب با توجه به تفاوت مقادیر جذب، میزان کاهش رنگ به دست آمد. از آنجا که نحوه آماده سازی و تشکیل  $Mg(OH)_2$  بر روی خصوصیات جذب آن اثر می گذارد و مساحت سطح ویژه  $Mg(OH)_2$  در مدت ۲۴ ساعت تا ۳۰٪ کاهش یافته، بعد از آن دیگر به طور قابل توجه تغییر نمی کند (۶)، لذا ممکن است این باور نادرست که  $Mg(OH)_2$  به طور جداگانه تهیه شده و به پساب مورد نظر افزوده شود در اذهان پدید آید، در حالی که روش صحیح آن است که محلول تازه ای از نمک منیزیم هر روز آماده گشته، مستقیماً به پساب اضافه شود.

در مبحث بررسی مکانسیم رنگبری کربنات منیزیم آزمایشها روی رنگ راکتیو صورت گرفت و نقش ترکیبهای مختلف به طور مجزا بررسی شد که نتایج آن در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده است.

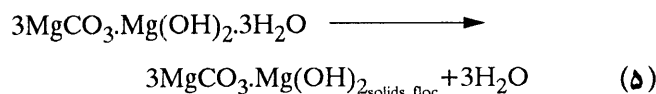
الف) تأثیر کلیه ترکیبات تولیدی: آزمایش جارتست توسط کربنات منیزیم آبدار بازی و آهک انجام شد که شکل ۷ نشان دهنده نتایج آن است.

ب) تأثیر  $CaCO_3$ : غلظتهای مورد نظر آهک آماده شد و سپس گاز  $CO_2$  وارد گشت و تا هنگام ثابت ماندن pH (برقراری تعادل) دمیدن گاز  $CO_2$  ادامه یافت. بعد از ته نشینی کامل رسوبات، محلول شفاف خارج و به رسوبات مقادیر مورد نظر رنگ اضافه گشت و آزمون جارتست انجام گرفت که نتایج در شکل ۷ منعکس شده است.

ج) تأثیر فلاکهای  $Ca(OH)_2$ : آزمایش جارتست توسط

که در این واکنش تنها  $Mg(OH)_2$  ppt و  $Mg(OH)_2$  solids در جذب رنگ نقش دارند.

جهت بررسی تأثیر  $Mg(OH)_2$  solids در کارایی حذف رنگ از کربنات منیزیم آبدار بازی به تنهایی استفاده می شود (۹).



از طریق این واکنشها شاید بتوان نقش ترکیبات مختلف را در رنگبری توسط کربنات منیزیم و آهک مورد ارزیابی قرار داد.

### روش بررسی:

این تحقیق در دو زمینه انجام گرفت:

الف) بررسی وضعیت کمی و کیفی پساب صنایع نساجی استان تهران.

ب) بررسی کارایی کربنات منیزیم در رنگبری و امکان بازیابی آن از این نوع پساب.

در بخش اول با مراجعه به کارخانجاتی که بیش از ۵۰ کارگر داشتند پرسشنامه ای تکمیل و در صورت وجود پساب، نمونه برداری انجام شد (در کارخانجات ریسندگی و بافندگی پسابی وجود نداشت). سپس روی نمونه ها آزمایشهای اندازه گیری COD،

TSS، BOD<sub>5</sub>، pH، کدورت، قلیائیت و اسیدیته انجام گرفت (۳). در بخش دوم، آزمایشها به سه گروه فرعی تقسیم گردید. این

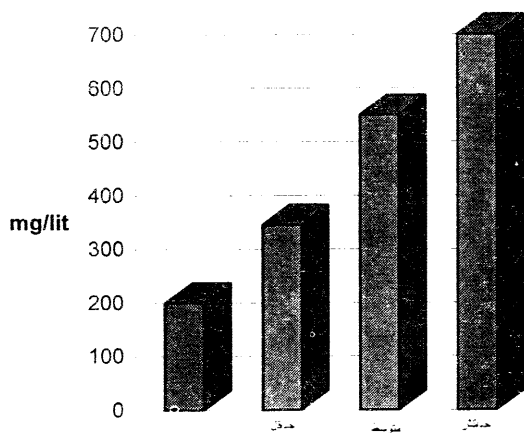
آزمایشها بر جارتست متکی بود (۲). نمونه ها به صورت مصنوعی در شرایط یکسان pH آن نوع رنگ و غلظت معمول رنگ در نمونه های واقعی در آزمایشها تهیه شد و برای آماده سازی هر

نمونه، از آب معمولی استفاده گردید. بدین ترتیب نمونه ای رنگی با شرایط مشابه رنگ در پساب واقعی تهیه گشت و امکان مطالعه چگونگی عملکرد کربنات منیزیم در رنگبری روی رنگهای

مختلف در شرایط کنترل شده و یکسان مهیا شد. نمونه های رنگ با غلظت ۱۰۰mg/lit و در pH مربوطه آماده گشت و آهک برای افزایش pH تا بیش از ۱۱ به کار رفت. در کلیه آزمایشهای جارتست،

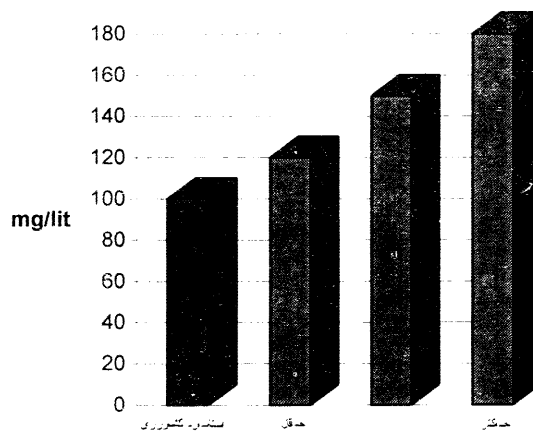
اختلاط سریع به مدت ۹۰ ثانیه با ۱۲۰rpm بود که در مدت ۳۰ ثانیه دور آن به ۳۵rpm کاهش داده شد و به مدت ۲۰ دقیقه تحت

- ۱ - آماده سازی نمونه های رنگ (مشابه قبل) و رنگبری آنها با مقادیر مناسب کربنات منیزیم و آهک.
- ۲ - جداسازی قسمت محلول شفاف از لجن، به کمک یک پیپت (بدون ایجاد اغتشاش در لجن ته نشینی).
- ۳ - اختلاط نمونه لجن به مدت یک دقیقه.
- ۴ - دمیدن گاز دی اکسید کربن به نمونه لجن و کنترل مداوم pH جهت تأمین pH مورد نظر.
- ۵ - ساکن قرار دادن لجن به مدت ۳ دقیقه جهت تثبیت (۴).
- ۶ - افزایش نمونه رنگی کاملاً مشابه با رنگ مرحله اول.
- ۷ - نمونه برداری از قسمت محلول و اندازه گیری میزان جذب نور نمونه در طول موج جذب حداکثر نمونه اصلی.
- ۸ - تکرار عملیات فوق از مرحله جداسازی قسمت محلول و لجن.
- ۹ - انجام کلیه آزمایشات فوق به استثنای مرحله دمیدن گاز CO<sub>2</sub>.

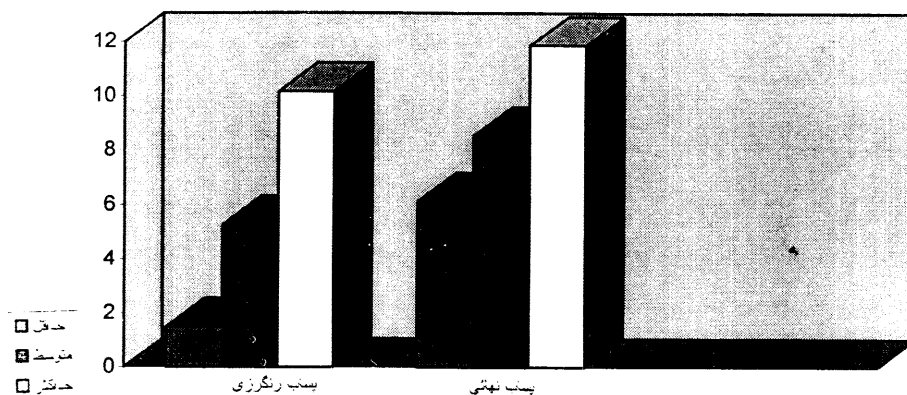


شکل ۲ - مقایسه COD پساب صنایع نساجی استان تهران و مورد تخلیه به اراضی کشاورزی با استاندارد مربوطه از سوی سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۷۵

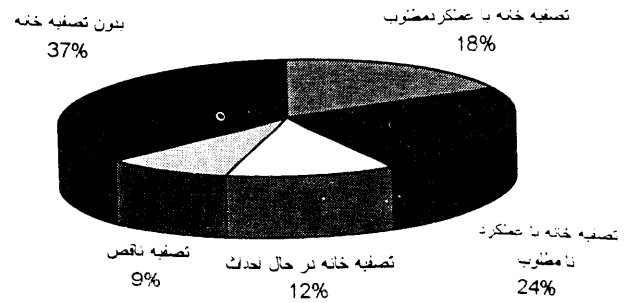
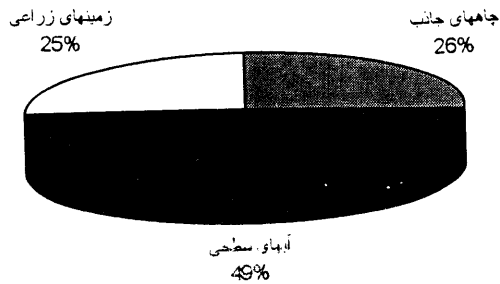
- آهک صورت گرفت (شکل ۷).
- د) تأثیر  $Mg(OH)_2$  solids : آزمایش جار تست توسط کربنات منیزیم آبدار بازی انجام شد (شکل ۶).
- ه) حذف تأثیر  $Ca(OH)_2$  solids و  $CaCO_3$  ppt : آزمایش جار تست کاملاً مشابه با حالت کاربرد کربنات منیزیم آبدار بازی و آهک انجام شد با این تفاوت که به جای آهک از سود (با غلظتهای معادل آهک) استفاده گشت (شکل ۷).
- جهت مطالعه میزان رنگبری کربنات منیزیم و تعیین بهترین شرایط، آزمایشهایی مطابق روش توضیح داده شده روی ۶ نوع رنگ خمی، اسیدی، بازیکی، راکتیو مستقیم و دیسپرس انجام گرفت که نتایج در شکلهای ۸ الی ۱۷ نشان داده شده است.
- در بررسی میزان بازیابی و عملکرد کربنات منیزیم بازیافتی، آزمایشها روی دو نوع رنگ راکتیو و دیسپرس مطابق مراحل زیر دنبال گشت که نتایج در شکلهای ۱۸ و ۱۹ آورده شده:



شکل ۱ - مقایسه BOD<sub>5</sub> پساب صنایع نساجی استان تهران و مورد تخلیه به اراضی کشاورزی با استاندارد مربوطه از سوی سازمان حفاظت محیط زیست در سال ۷۵

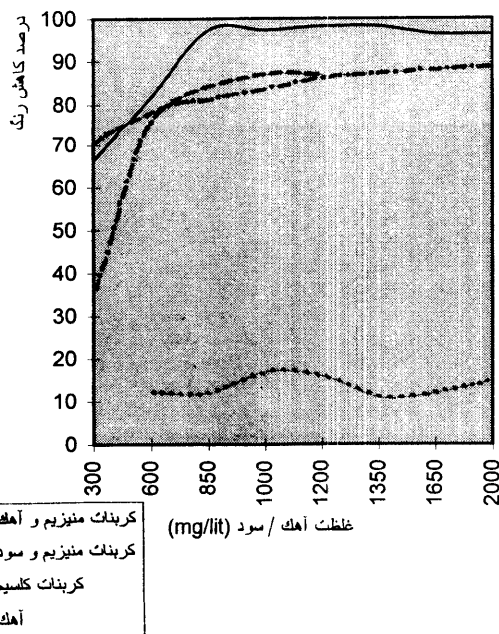


شکل ۳ - مقایسه pH پسابهای رنگری و نهایی صنایع نساجی استان تهران در سال ۷۵

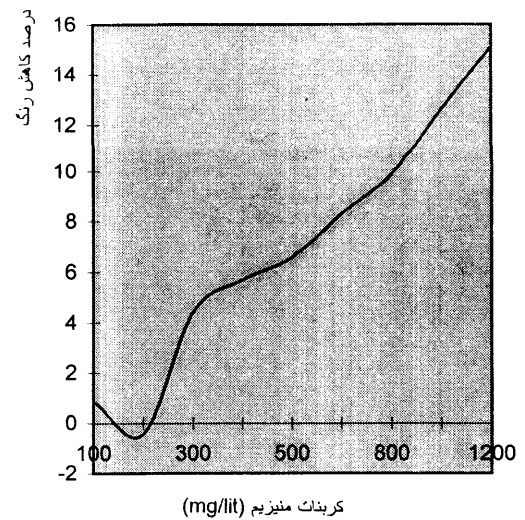


شکل ۵ - محل دفع پساب صنایع نساجی استان تهران در سال ۷۵

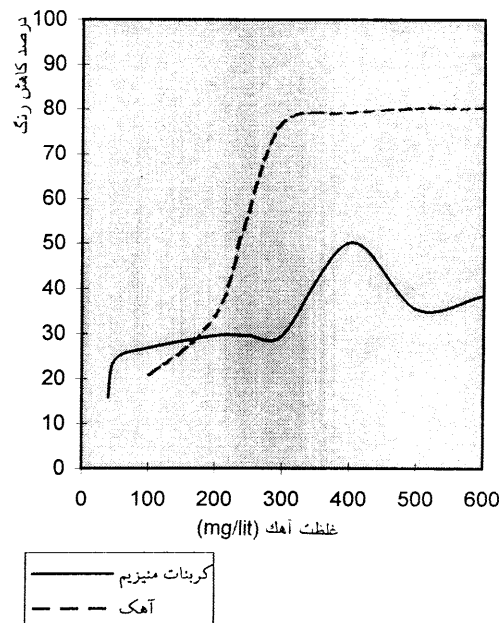
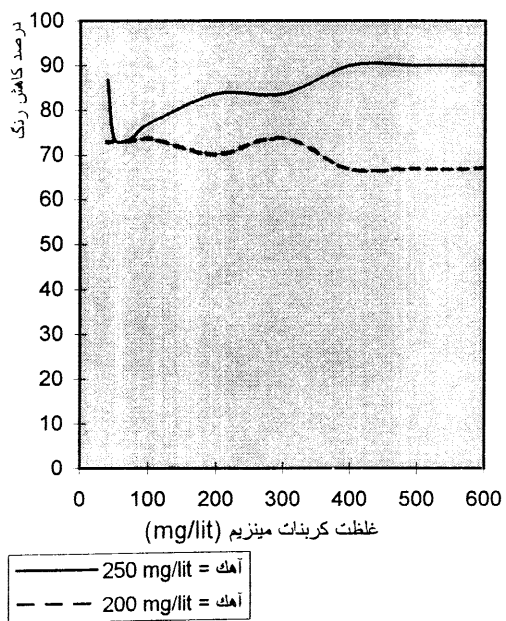
شکل ۴ - ارزیابی عملکرد تصفیه خانه‌های فاضلاب صنایع نساجی استان تهران در سال ۷۵



شکل ۷ - مقایسه کارایی کاهش رنگ راکتیو توسط منیزیم و آهک کربنات منیزیم و سود، کربنات کلسیم، آهک

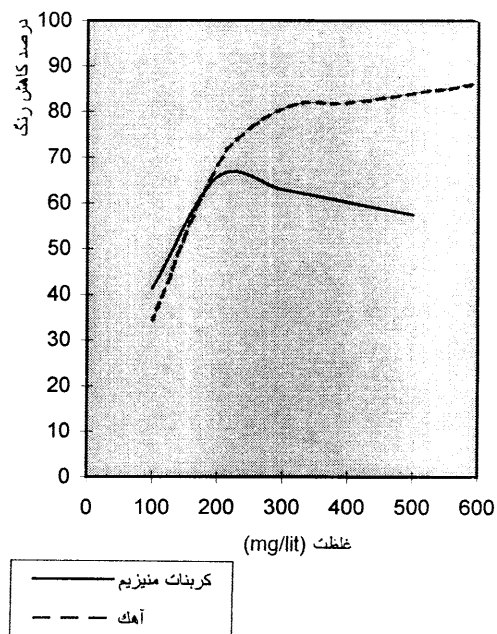
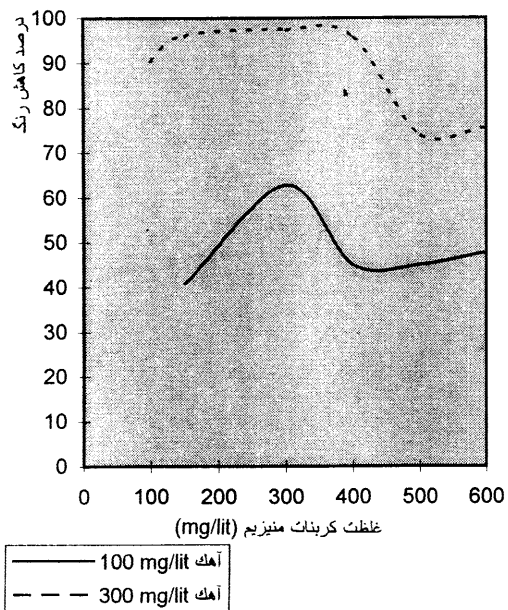


شکل ۶ - میزان کاهش رنگ توسط کربنات منیزیم



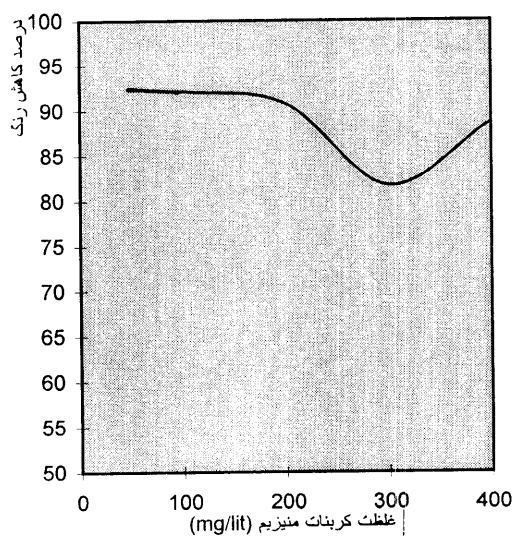
شکل ۹ - میزان کاهش رنگ خمی با کربنات منیزیم و غلظت‌های مختلف آهک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)

شکل ۸ - میزان کاهش رنگ خمی با آهک و کربنات منیزیم (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)

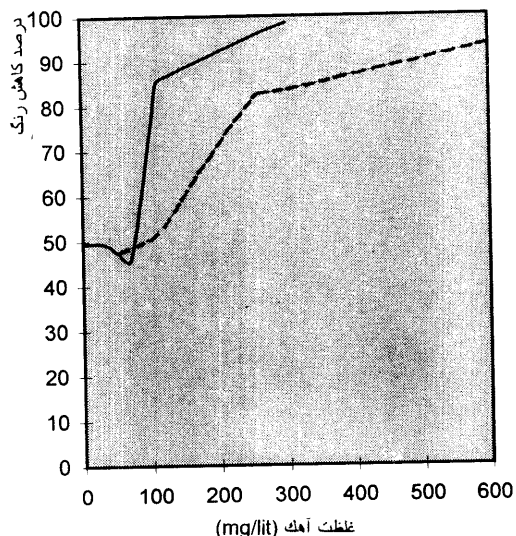


شکل ۱۱ - میزان کاهش رنگ اسیدی با کربنات منیزیم و غلظت‌های مختلف آهک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)

شکل ۱۰ - میزان کاهش رنگ اسیدی با کربنات منیزیم، آهک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)



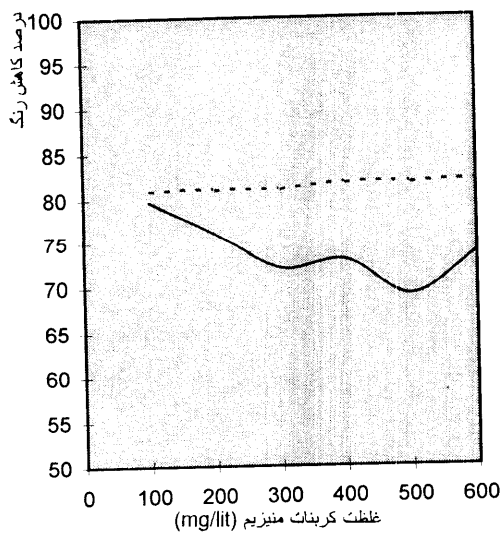
۱۰۰ mg/lit سولفات فرو و ۱۱۰ mg/lit آهک



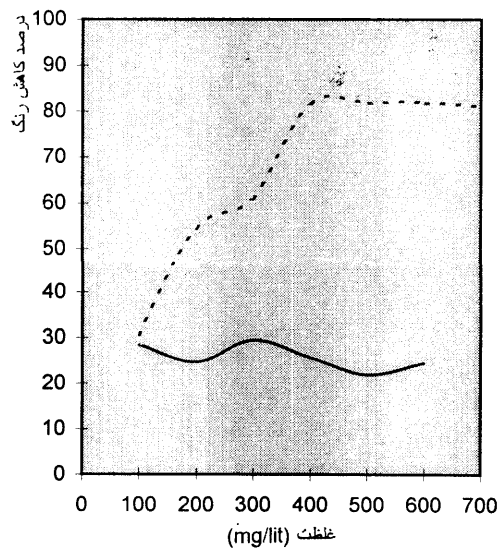
سری یک : ۵۰۰ mg/lit کربنات منیزیم و ۱۰۰ mg/lit سولفات فرو  
سری دو: ۱۰۰ mg/lit سولفات فرو

شکل ۱۳ - میزان کاهش رنگ اسیدی با سولفات فرو و کربنات منیزیم و آهک (غلظت رنگ = ۳۰۰ mg/lit)

شکل ۱۲ - میزان کاهش رنگ اسیدی با کربنات منیزیم و سولفات فرو و آهک ، (غلظت رنگ = ۳۰۰ mg/lit)



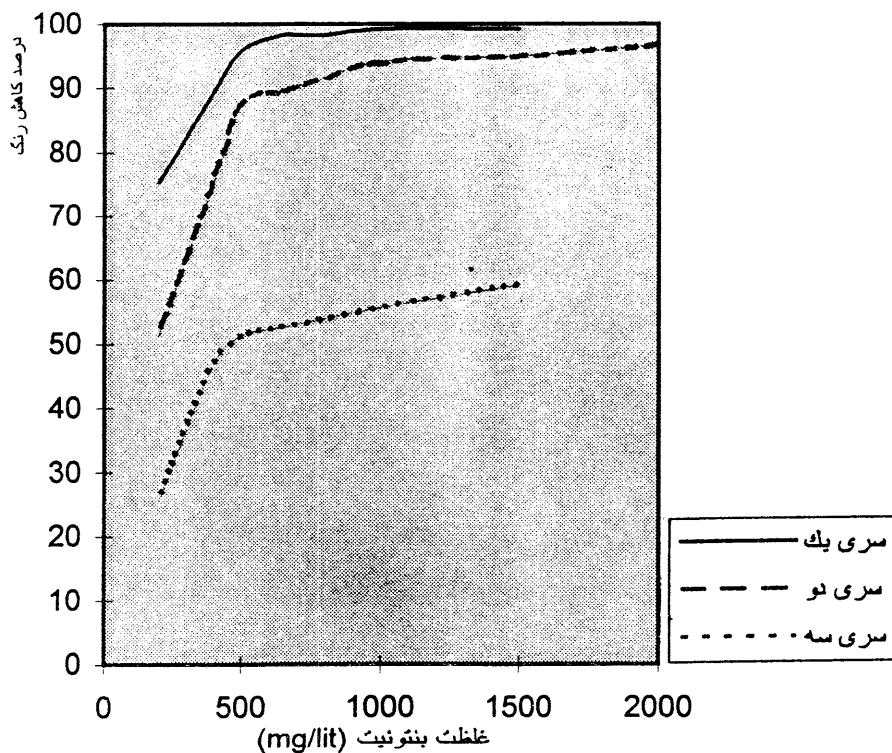
آهک 300 mg/lit  
آهک 700 mg/lit



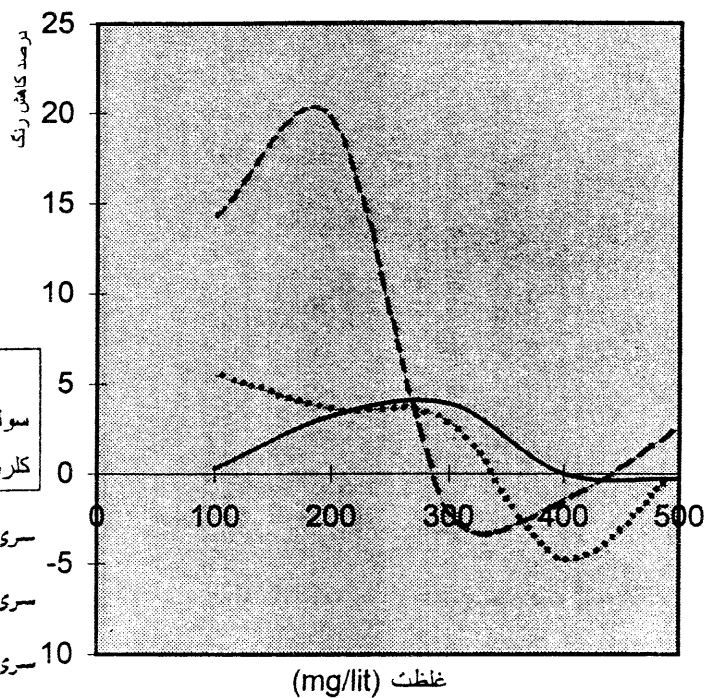
کربنات منیزیم  
آهک

شکل ۱۵ - میزان کاهش رنگ با کربنات منیزیم و غلظتهای مختلف آهک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)

شکل ۱۴ - میزان کاهش رنگ با کربنات منیزیم ، آهک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)



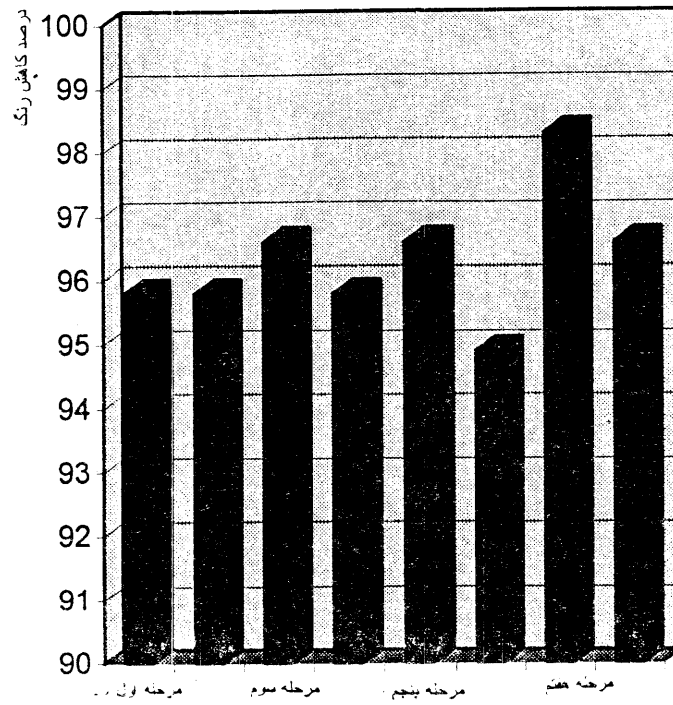
شکل ۱۶ - میزان کاهش رنگ بازیک با آلوم ، سولفات فرو ، کلرور فریک (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)



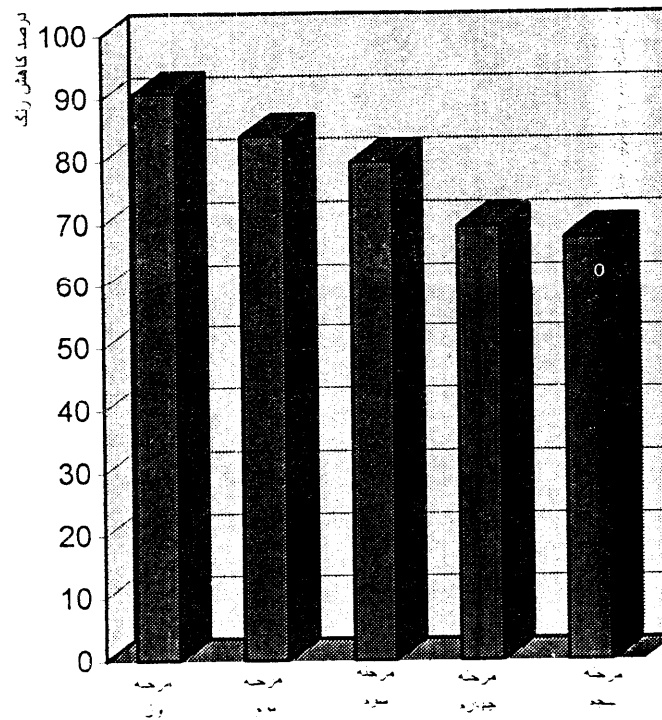
سری یک: ۳۰۰ mg/lit کربنات منیزیم و ۳۰۰ mg/lit آهک  
 سری دو: ۳۰۰ mg/lit کربنات منیزیم  
 سری سه : بنتونیت

شکل ۱۷ - میزان کاهش رنگ بازیک با کربنات منیزیم و آهک بنتونیت ، کربنات منیزیم بنتونیت ، بنتونیت (غلظت رنگ = ۱۰۰ mg/lit)





شکل ۱۸ - میزان کاهش رنگ راکتیو به کمک آهک و کربنات منیزیم باز یافتی (با استفاده از گاز: CO<sub>2</sub>)



شکل ۱۹ - میزان کاهش رنگ راکتیو به کمک آهک هیدروکسید منیزیم راسب شده نمونه‌های رنگبری شده قبل (بدون استفاده از CO<sub>2</sub>)

## بحث و گفتگو:

## الف) بررسی کمی و کیفیت پسابهای نساجی استان تهران

۱ - میانگین کدورت ، اسیدیته کل ،  $BOD_5$  و  $COD$  پساب رنگرزی کارخانجات نساجی مورد بررسی که به ترتیب  $52 NTU$  ،  $540 / 5 mg/lit$  ،  $1288 / 6 mg/lit$  و  $3506 / 5 mg/lit$  می باشد بیش از پساب کل این کارخانه هاست. به طوری که  $BOD_5$  و  $COD$  پساب رنگرزی به ترتیب حدود ۵ برابر و ۴ برابر پساب کل است.  $pH$  پساب رنگرزی پایین تر از پساب کل بوده، به طوری که اسیدیته کل آن حدود ۶۰ برابر پساب کل است. مقادیر  $BOD_5$  و  $COD$  پسابهای کارخانجات نساجی استان تهران که به اراضی کشاورزی تخلیه می شوند در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. ۲ - میانگین  $pH$  پساب نهایی که  $8/53$  می باشد نشان می دهد که می توان آن را به چاههای جاذب و آبهای سطحی تخلیه نمود. البته مقدار حداکثر آن از این استانداردها تجاوز می کند (شکل ۳).

۳ - میانگین کدورت پساب نهایی که  $57/3 NTU$  است کمی بیش از مقادیر استاندارد تخلیه می باشد ولی در مواردی مثل کارخانجاتی که امر چاپ انجام می دهند این کدورت بسیار زیاد است به طوری که مقادیر حداکثر کدورت  $9/5$  برابر مقدار مجاز است. ۴ - میانگین مواد معلق جامد که  $413/4 mg/lit$  می باشد چند برابر مقادیر استاندارد است، به طوری که ۱۰ برابر استاندارد تخلیه به آبهای سطحی و ۴ برابر استاندارد تخلیه به زمینهای کشاورزی است که حداکثر مواد معلق جامد با مقدار  $1688 mg/lit$  ، چهار برابر بیشتر نیز می گردد.

۵ - میانگین  $BOD_5$  پساب نهایی که  $255/2 mg/lit$  می باشد پنج برابر استاندارد تخلیه به آبهای سطحی و چاههای جاذب و  $2/5$  برابر استاندارد تخلیه به زمینهای کشاورزی است.

۶ - میانگین  $COD$  پساب نهایی که  $805 mg/lit$  می باشد در مقایسه با استاندارد آبهای سطحی و چاههای جاذب که  $100 mg/lit$  است ۸ برابر استانداردهای تخلیه به این منابع پذیرنده بوده که مقدار حداکثر آن  $3104 mg/lit$  و  $31$  برابر این استانداردها است.

۷ - با توجه به میانگین  $BOD_5$  و  $COD$  پساب نهایی ، نسبت  $COD$  به  $BOD_5$  حدود ۳ به ۱ می باشد.

۸ - از میان رنگهای مصرفی رنگ اسیدی با ۲۲٪ و سپس

رنگ اکتیو ، ۱۹٪ بیشترین کاربرد را دارد.

۹ - تنها حدود ۱۸٪ این صنایع تصفیه مناسب را انجام می دهند و حدود ۳۷٪ اصلاً هیچگونه عملیاتی روی پساب ندارند. در ۲۴٪ این کارخانجات تصفیه خانه وجود دارد (شکل ۴) ، ولی با توجه به مشکلات عدم وجود پرسنل مناسب و کارآمد، هزینه راهبری بالاگاه به عدم فعالیت تصفیه خانه به طور کامل منجر شده است و به صورت ظاهر تصفیه خانه وجود دارد.

۱۰ - حجم فاضلاب صنعتی تولیدی حدود  $35200$  متر مکعب در روز برآورد گردیده که از این میان  $26/4$ ٪ به چاههای جاذب ،  $48/8$ ٪ به آبهای سطحی و  $28/8$ ٪ به زمینهای زراعی تخلیه می گردد. بدین ترتیب بیشترین حجم فاضلاب به آبهای سطحی تخلیه می شود (شکل ۵).

جدول شماره ۱ پارامترهای مختلف مورد بررسی در پساب نساجی را با مقادیر استاندارد مقایسه می کند.

## ب) کربنات منیزیم ، رنگبری و بازیابی :

## □ مکانیسم رنگبری کربنات منیزیم

مطالعه تأثیر مواد حاصل از واکنش رنگبری با کربنات منیزیم و آهک نشان داد که :

۱ - در حالتی که تنها کربنات منیزیم استفاده شد کاهش رنگ بسیار ناچیز بود. به طوری که با غلظت  $1200 mg/lit$  کربنات منیزیم  $15/1$ ٪ کاهش رنگ مشاهده شد. در این قسمت موادی که رنگبری به آنها نسبت داده می شود  $MgCO_{3solids}$  و  $Mg(CH)_{2solids}$  هستند (شکل ۶):

۲ - هنگامی که از کربنات کلسیم استفاده می شد و  $CaCO_{3solids}$  مسئول رنگبری بود، کاهش رنگ ناچیز بود مثلاً با  $1200 mg/lit$  کربنات کلسیم ۱۶٪ رنگبری است.

۳ - کربنات منیزیم و سود کارایی نسبتاً خوبی نشان دادند. در این مرحله  $Mg(OH)_{2ppt}$  و  $Mg(CH)_{2solids}$  می باشد و در حالتی که مقدار سود مصرفی معادل  $1200 mg/lit$  آهک است (با غلظت  $1200 mg/lit$  کربنات منیزیم) درصد کاهش رنگ به ۸۷٪ می رسد. از آنجا که رنگبری با  $1200 mg/lit$  کربنات منیزیم  $15/1$ ٪ است و در آنجا  $Mg(OH)_{2solids}$  و  $MgCO_{3solids}$  وجود داشت پس می توان چنین نتیجه گرفت که  $Mg(OH)_{2ppt}$  ژلاتینی مسئول رنگبری مطلوب این مرحله بوده است.

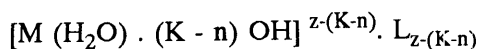
جدول شماره ۱ - مقایسه مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر پارامترهای مختلف پساب با مقادیر استاندارد

مقدار پارامتر	پساب رنگریزی			پساب نهایی			استانداردهای تخلیه		
	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	آبهای سطحی	چاههای مصارف کشاورزی	مصارف
pH	۱/۵۰	۵/۲۵	۱۰/۱۶	۶/۱۲	۸/۵۳	۱۱/۸۶	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۵/۵
کدورت (NTU)	۰	۵۲/۰	۲۲۵	۱	۵۷/۳	۴۷۲	۵۰	-	۵۰
قلیائیت کل (mg/lit)	۰	۲۸/۶	۱۸۶	۸	۱۲۸/۵	۳۸۸	-	-	-
اسیدیته کل (mg/lit)	۰	۵۴۰/۵	۱۹۶۰	۰	۸/۸	۹۷/۵	-	-	-
(mg/lit) TSS	۱۵	۲۷۹/۱	۱۰۵۴	۳۸	۴۱۳/۴	۱۶۸۸	۴۰	-	۱۰۰
(mg/lit) BOD <sub>5</sub>	۹۱/۸	۱۲۸۸/۶	۳۵۰۰	۱۱۵	۲۵۵/۲	۱۳۲۰	۵۰	۵۰	۱۰۰
(mg/lit) COD	۲۸۰	۳۵۰۶/۵	۹۸۵۶/۲	۲۸۰	۸۰۵/۱	۳۱۰۴	۱۰۰	۱۰۰	۲۰۰

۴ - هنگامی که از آهک تنها استفاده می‌شد  $Ca(OH)_{2\text{solids flocc}}$  مسئول رنگبری بود. در مقام مقایسه استفاده از آهک تنها نسبت به کربنات منیزیم و سود، کارایی کربنات منیزیم و سود بهتر است چون با غلظت‌های کم کربنات منیزیم و سود یعنی مقادیر کم  $Mg(OH)_{2\text{ppt}}$  و  $Mg(OH)_{2\text{solids}}$  که اثر چندانی ندارد) رنگبری از غلظت‌های کم آهک یعنی مقادیر کم  $Ca(OH)_{2\text{solids}}$  خیلی بهتر است.

۵ - بالاخره هنگامی که از کربنات منیزیم و آهک استفاده شد  $Ca(OH)_{2\text{solids}}$  و  $CaCO_{2\text{ppt}}$ ،  $Mg(OH)_{2\text{ppt}}$  و  $Mg(OH)_{2\text{solids}}$  وجود دارد و کارایی رنگبری بسیار عالی است به طوری که  $1200 \text{ mg/lit}$  کربنات منیزیم  $98/3\%$  رنگبری دارد. پس در واقع هنگامی که آهک با کربنات منیزیم استفاده می‌شود علاوه بر نقش در تنظیم pH و تولید  $Mg(OH)_{2\text{ppt}}$ ، خود نیز به طور موثری عمل می‌کند (شکل ۷):

عملکرد رنگبری کربنات منیزیم رنگ خمی (Vat black 25): کربنات منیزیم حداکثر  $50\%$  رنگبری را نشان می‌دهد ولی آهک می‌تواند تا  $80\%$  رنگبری را انجام دهد. استفاده همزمان کربنات منیزیم و آهک نتایج بسیار بهتری دارد به طوری که  $40 \text{ mg/lit}$  کربنات منیزیم (با رنگبری

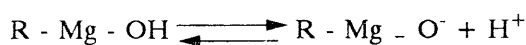


که در آن M فلز، Z بار کاتیونی، K عدد کوردیانس، n تعداد

#### عملکرد رنگبری کربنات منیزیم

رنگ خمی (Vat black 25): کربنات منیزیم حداکثر  $50\%$  رنگبری را نشان می‌دهد ولی آهک می‌تواند تا  $80\%$  رنگبری را انجام دهد. استفاده همزمان کربنات منیزیم و آهک نتایج بسیار بهتری دارد به طوری که  $40 \text{ mg/lit}$  کربنات منیزیم (با رنگبری

شاید با جدا شدن ضعیف هیدروکسیدهای سطحی از طریق مکانسیم اسیدی توضیح داده شود (۸).



به همین دلیل جهت بهبود عملکرد رنگبری کربنات منیزیم از بتونیت استفاده شد. این ماده به طور بسیار قابل توجهی ظرفیت جذب رنگ بازیک از طریق کربنات منیزیم را افزایش می دهد. به طوری که کربنات منیزیم و آهک (هر یک با غلظت ۳۰۰ mg/lit) ۷۲/۱٪ رنگبری نشان می دهند ولی هنگامی که با ۵۰۰ mg/lit بتونیت استفاده می شوند ۹۵/۹٪ رنگبری دارند (شکل ۱۷). نکته قابل توجه دیگر سرعت لخته سازی و ته نشینی است که از همان لحظه های اول لخته سازی، فلاکهای بسیار درشت تشکیل و ته نشین می شوند (غلظتهای بالای بتونیت به تنهایی رنگبری کم و ته نشینی آهسته ای نشان می دهند).

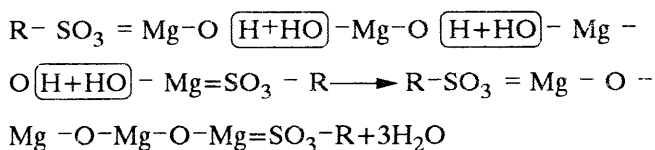
جذب بالای رنگ بازیک توسط بتونیت و منیزیم چنین توضیح داده می شود که جداسازی اسیدی گروههای هیدروکسیل افزایش یافته است. از آنجائی که این ترکیبات اساساً بار منفی دارند پروتونهای گروههای OH خیلی متحرکترند و به آسانی با کاتیونهای آلی جابجا می شوند و یا می توانند تا حدی بر روی مراکز پذیرش الکترونی قرار گیرند. به دلیل نوع ساختار مولکول رنگ، در اینجا علاوه بر جایگزینی به صورت تبادل یونی، پیوستگی مولکولهای رنگ به این جاذبها که ناشی از تشکیل پیوند هیدروژنی است (-O-H... N-) نیز وجود دارد. تشکیل این پیوندهای اضافی، خاصیت انتخابی بالا برای رنگهای بازیک را بیشتر توضیح می دهد.

بدین ترتیب مواد حاصل از هیدرولیز نمکهای منیزیم هم به عنوان جاذب در حذف رنگ (هیدرولیز در حضور ترکیبات سیلیکا) و هم به عنوان ته نشین کننده در حذف جاذب (هیدرولیز در حضور آهک) عمل می کنند.

رنگ راکتیو (Reactive Red 49): کربنات منیزیم به تنهایی رنگبری خیلی کمی داشت اما هنگامی که با آهک استفاده می شد عملکرد مطلوبتری نشان می داد به طوری که ۳۰۰ mg/lit کربنات منیزیم (با رنگبری ۵٪) به همراه ۳۰۰ mg/lit آهک (با رنگبری

آب و L لیگاند (مولکول رنگ آلی) می باشد (۷).

در غلظت ثابت رنگ، ترکیب و ساختار این کمپلکسها تماماً وابسته به pH می باشد. در pH پایین تر، یونهای لیگاند بیشتری در کره کوردینانس داخلی کمپلکس وجود دارد و حلالیت آن بیشتر است. کمی افزایش در غلظت OH<sup>-</sup> به افزایش سریع در اندازه ذرات کوچک منجر می شود و فلاکهای زیادی از هیدروکسید منیزیم تشکیل می گردند. تثبیت مولکول رنگ در لایه سطحی هیدروکسید در pH مناسب به شکل زیر می تواند باشد:



که RSO<sub>3</sub> مولکول رنگ است (۷).

استفاده از ۵۰ mg/lit کربنات منیزیم به همراه سولفات فرو و آهک (هر یک با غلظت ۱۰۰ mg/lit) می تواند رنگبری را از ۵۰/۸٪ به ۹۲/۲٪ برساند (شکلهای ۱۲ و ۱۳). احتمالاً افزایش کارایی حذف رنگ اسیدی توسط هیدروکسید منیزیم که در حضور یونهای آهن (II) صورت می گیرد مربوط به اکسیداسیون این یونها به آهن (III) است که سبب آبدوست تر شدن سطح Mg(OH)<sub>2</sub> (از طریق پیوندهای کناری گروههای هیدروکسی منیزیم) و همچنین افزایش تعداد آنیونهای اتصال رنگ (با توجه به عدد کوردینانس ۶ آهن (III) در مقایسه با عدد ۴ منیزیم (II)) است.

رنگ بازیک (Basic Red 22): کلیه منعقدکننده ها از جمله آلوم، سولفات فرو، کلرور فریک و کربنات منیزیم رنگبری بسیار کمی را نشان می دهند. غلظتهای بالای آهک تا ۸۰٪ رنگبری می توانند داشته باشند. استفاده همزمان کربنات منیزیم و آهک نسبت به سایر رنگها بسیار ضعیفتر عمل می کند به عنوان مثال ۶۰۰ mg/lit کربنات منیزیم و ۹۰۰ mg/lit آهک ۸۱/۹٪ رنگبری نشان می دهند (شکلهای ۱۴، ۱۵ و ۱۶).

در واقع رنگهای بازیک از نوع کاتیونیک اند و با تبادل H گروه هیدروکسیل سطحی و یا تبادل کاتیونها به سطح جامد می چسبند و جذب ناچیز رنگ بازیک روی هیدروکسید منیزیم

دارد، که حالت دوم ترجیح دارد زیرا گاز  $CO_2$  کمتری مصرف می‌شود و از سویی کربنات منیزیم از جنبه مصرف آهک برتر است زیرا نیاز به یک مول آهک برای ته نشینی دارد در حالی که بی‌کربنات دو مول آهک استفاده می‌کند، به همین دلیل در  $pH \approx 9$  نیاز به آهک کمتری برای رنگبری است. مزیت دیگر  $pH \approx 9$  در آبگیری لجن است. کاهش مقدار رسوبات  $Mg(OH)_2$  در لجن باعث بهبود آبگیری آن می‌شود که این اثر بویژه در  $pH \approx 9$  بیشتر است. هنگامی که  $pH$  به حدود ۸ کم می‌گردد، کاهش مفید مقدار  $Mg(OH)_2$  باقیمانده در لجن احتمالاً با آزاد سازی ذرات کلئوئید که راسب سازی مجدد آنها مشکل است به صورت عکس عمل می‌کند. بنابراین با وجود مقادیر کمتر  $Mg(OH)_2$  آبگیری لجن در  $pH \approx 8$  مشکلتر از  $pH \approx 9$  می‌باشد. نکته بسیار قابل توجه در بازیابی، سرعت ته نشینی است که در طی مراحل بازیابی، سرعت تشکیل لخته‌ها، اندازه آنها و سرعت ته نشینی فلاکها در هر مرحله بیش از مرحله قبل و بسیار متفاوت از حالات رنگبری عادی است.

آزمایشهایی که در  $pH$  خود نمونه و بدون گاز  $CO_2$  انجام می‌شد تنها در اولین مرحله کارایی بهتری از آهک تنها داشت که دلیل آن نسبت  $Mg(OH)_2/(CaCO_3 + Mg(OH)_2)$  است و در اولین مرحله بیشترین مقدار بود. در حقیقت می‌توان در یک مرحله از لجن بدون بازیابی نیز استفاده کرد.

### بهره‌گیری پایانی

الف) حجم پساب تخلیه‌ای صنایع نساجی استان تهران، تنها در کارخانجاتی که بیش از ۵۰ نفر کارگر دارند حداقل ۳۵۲۰۰ متر مکعب در روز است که از این میان حدود ۱۷۰۰۰ متر مکعب آن به آبهای سطحی تخلیه می‌شوند، پسایی که مواد جامد اسعلق  $BOD_5$  و  $COD$  آن به ترتیب ۵، ۴ و  $4/5$  برابر استانداردهای مربوطه است. به این ترتیب با توجه به حجم زیاد پسابهای تولیدی و بار آلودگی شدید آنها مسئله تصفیه و استفاده از روشهای کاهش آلودگی بسیار حائز اهمیت است و باید هر چه سریعتر اقدامهایی در این راستا انجام پذیرد و در جهت احداث تصفیه خانه و فعال نمودن تصفیه خانه‌های موجود تلاشهایی صورت گیرد.

ب) با توجه به اهمیت مسئله حذف رنگ از پسابهای سالنهای رنگری:

$72/2$ ٪ حذف رنگ را سبب می‌شود. در مورد سایر منعقدکننده‌ها مانند آلوم، سولفات فرو و کلرور فریک (تا غلظتهای حدود  $500 \text{ mg/lit}$ ) رنگبری ضعیف بود.

رنگ دیسپرس (Disperse Violet 63): کربنات منیزیم کارایی ضعیفی در حذف رنگ از خود نشان می‌دهد اما با آهک می‌تواند بخوبی عمل کند به طوری که  $100 \text{ mg/lit}$  کربنات منیزیم می‌تواند رنگبری  $400 \text{ mg/lit}$  آهک ( $7/24$ ٪) را به  $90$ ٪ برساند. رنگ دیسپرس مشابه رنگ اسیدی اساساً به صورت آنیونیک است و از طریق تبادل یونی جذب سطحی آن بر سطح هیدروکسید منیزیم امکان پذیر می‌شود.

رنگ مستقیم (Direct Black 22): کربنات منیزیم با غلظت حدود  $400 \text{ mg/lit}$  می‌تواند  $70$ ٪ رنگبری داشته باشد ولی آهک عملکرد بهتری دارد و در غلظت مشابه  $90$ ٪ رنگبری دارد. مقایسه میزان رنگبری منعقدکننده‌ها نشان می‌دهد که آلوم، آهک، کربنات منیزیم، سولفات فرو و کلرور فریک به ترتیب بیشترین کارایی را دارند.

### بازیابی کربنات منیزیم

آزمایشهای بازیابی بر دو نوع رنگ راکتیو و دیسپرس نشان داد که عملیات بازیابی می‌تواند به دفعات مکرر به طور موفقیت آمیزی انجام گیرد به طوری که مثلاً رنگ راکتیوی که با غلظت مشخص کربنات منیزیم و آهک،  $8/95$ ٪ رنگبری نشان می‌دهد تا مراحل بعدی با استفاده از همان کربنات منیزیم و غلظت اضافی آهک بیش از  $95$ ٪ رنگبری دارد (شکل ۱۸). کاهش رنگ در مراحل مختلف بازیابی را نمی‌توان به آهک اضافی مربوط کرد زیرا در نمونه‌های مشابهی که همان غلظت آهک استفاده می‌شد ولی گاز  $CO_2$  به کار نمی‌رفت کارایی حذف رنگ در هر مرحله کمتر از مرحله قبل می‌گشت و از سویی حتی با غلظتهای بالای آهک نیز نمی‌توان بیش از  $86$ ٪ رنگبری برای رنگ راکتیو را داشت (شکل ۱۹).

در هنگام بازیابی، از گاز  $CO_2$  برای تنظیم  $pH$  استفاده می‌شود. نتایج به دست آمده در دو  $pH \approx 8$  و  $pH \approx 9$  نشان می‌دهد که  $pH$  مناسب ۹ است. در  $pH \approx 8$  تنها بی‌کربنات منیزیم و در  $pH \approx 9$  هر دو ترکیب کربنات و بی‌کربنات منیزیم وجود

- 4 - Idelovitch. E., et al., 1983. Magnesium Recycling by Carbonation and Centrifugation of High - lime Wastewater sludge. J. W. P. C. F., 55(2). Feb.
- 5 - Judkins. J. F., et al., 1978. Color Removal from Textile Dye Waste Using Magnesium Carbonate. J. W. P. C. F: 2446-2456. Nov.
- 6 - Kul'skii. L.A.. et al.. 1986. Sorption of Dyes from Aqueous Solutions on Mg (OH)<sub>2</sub>; Soviet Journal of Water Chemistry and Technology. 8(6): 16-19.
- 7 - Kul'skii. L. A.. et al.. 1984. Use of Magnesium Salts in the Treatment of Water to Remove Dispersed and Acid Dyes. Soviet Journal of Water Chemistry/and Technology. 6(3): 268-270.
- 8 - Kul'skii. L.A.. et al.. 1984. Use of Magnesium Salts in the Technology of Removal of Basic Dyes from Water. Soviet Journal of Water Chemistry and Technology. 6(1): 53-56.
- 9 - Panswad, T., and Wangchasiuwan. S. 1986. Mechanisms of Dye Waste water Colour Removal By Magnesium Carbonate. Hydrated Basic. Wat. Sci. Tech. 13: 139-144.
- 10 - Thompson. C. G.. et al.. 1972. Magnesium Carbonate. A Recycled Coagulant. I J. A. W. W. A: 11-19 Jan.
- 11 - Thampson. C.G.. et al.. 1972. Magnesium Carbonate. A Recycled Coagulant. II. J. A. W. W. A: 93-99. Feb.
- در هنگام استفاده از منعقد کننده‌ها باید ابتدا روی نوع رنگ و ساختمان مولکولی آن بررسی صورت گیرد و سپس از بهترین شرایط برای رنگبری استفاده شود. به عنوان مثال برای کربنات منیزیم با توجه به ساختار کاتیونیک رنگهای بازیک استفاده از مقداری بنتونیت به همراه کربنات منیزیم و آهک تأثیر قابل توجهی در رنگبری خواهد داشت.
- در هنگام استفاده از کربنات منیزیم و آهک، بیشترین سهم رنگبری مربوط به فلاکهای ژلاتینی  $Mg(OH)_2$  ppt است، که با توجه به اندازه خیلی کوچک ذرات رنگ، بیشتر این احتمال وجود دارد که ذرات رنگ در محلهای مشخصی جذب سطح  $Mg(OH)_2$  شده که این نحوه عمل رنگ در رنگهای مختلف متفاوت است.
- از سویی بازیابی مکرر و مطلوب کربنات منیزیم می‌تواند باعث کاهش مشکلات تصفیه خانه از جمله کاهش حجم لجن تولیدی و در نتیجه آسان شدن دفع آن، افزایش میزان آنگیری لجن، کاهش نیاز به منعقد کننده از طریق منابع دیگر و افزایش سرعت لخته سازی و ته نشینی شود.

### یادداشتها:

1 - ppt = precipitate.

### منابع:

- ۱ - مرکز آمار ایران، مرکز کامپیوتر و اطلاع رسانی، ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶.
- 2 - Am. Water Assoc. 1990. Simplified procedures for water Examination. Manual M12.
- 3 - Am. Water Assoc. 1995. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, 19th ed.