

# A Combined Reduction - Biological Treatment Process for Textile Wastewater

*Haghighi, M. R. (Ph.D.), Sarhadi, M. (M.S.), Ghoreishi, S. M. (Ph.D.),  
Isfahan University of Technology*

## Abstract

The removal of dyes from textile industries effluent is still a major environmental pollution problem. The objective of this study was to investigate the reduction of dyes, BOD and COD by a combined chemical - biological treatment method. In this treatment system a Bisulfite - Catalyzed Sodium Borohydride reduction followed by activated sludge technique were used in order to remove the colors at ambient temperature and pressure.

The wastewater used in this research were collected from two different textile factories in Isfahan. The characterization of raw and treated wastewater were carried out by IR ( Infrared ), and UV ( Ultraviolet ) spectrometers. ASTM-E450-82 approved method (  $\Delta E$  ) was used to measure the color.

The results of this study demonstrated that this reduction - biological treatment techniques decreased the color, BOD and COD by 74-88% , 97-100%, and 76-83% respectively. The IR and UV analyses showed that nonbiodegradable dyes are converted to biodegradable organic compounds such as alcohols and ketones. Another major advantage of this method with respect to other methods, namely, adsorption and coagulation is to remove color without causing any disposal problem.



## حذف رنگ از فاضلاب صنایع نساجی و رنگری با استفاده از

### یک روش جدید شیمیایی (احیا) - بیولوژیکی

محمد رضا حقیقی \*

میترا سرحدی \*\*

سید محمد قریشی \*\*\*

#### چکیده

مسأله رنگ زدایی فاضلاب های نساجی یک معضل جهانی می باشد که تاکنون روش ها و تکنیک های متعددی جهت رفع آن به خدمت گرفته شده است و لیکن علی رغم تحقیقات گسترده در این زمینه، هنوز روش کاربردی و مناسبی برای تصفیه این نوع فاضلاب ها ارائه نشده است.

در پژوهش حاضر، عملکرد یک سیستم جدید شیمیایی - بیولوژیکی جهت حذف رنگ از فاضلاب های نساجی مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. در این بررسی که بر روی دو نمونه از فاضلاب های رنگی نساجی انجام پذیرفته، ابتدا توسط ماده احیا کننده سدیم بورهیدراید ( $\text{NaBH}_4$ ) و کاتالیزور دی سولفیت سدیم ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) ترکیبات رنگی موجود در فاضلاب ها، به یک سری مواد بی رنگ، احیا شده سپس با به کارگیری یک سیستم لجن فعال، مواد بی رنگ حاصل، حذف گردیده اند. نتایج حاصل از این آزمایشات نشان می دهد که سیستم تصفیه احیا - بیولوژیکی قادر است با تولید لجن کمتر، رنگ، BOD و COD فاضلاب های رنگی نساجی را به ترتیب به میزان ۷۴-۸۸، ۷۴-۸۸ و ۹۶/۸-۱۰۰، ۷۶-۸۳ درصد کاهش دهد. حداقل مقادیر لازم از احیا کننده و کاتالیزور برای تصفیه شیمیایی این نوع فاضلاب ها، به ترتیب برابر ۶۰-۵۰ و ۲۵۰-۲۰۰ میلی گرم در لیتر می باشد. ضمن این که زمان تصفیه شیمیایی نیم ساعت و زمان تصفیه بیولوژیکی ۳ روز است. همچنین با انجام یک سری آنالیزهای طیف سنجی IR و UV در مراحل مختلف تصفیه مشخص گردید که در طی تصفیه شیمیایی، پیوندهای دوگانه و گروه های کرموفوری ترکیبات شکسته شده در نتیجه مواد آروماتیک و سایر ترکیبات سنگین به مواد ساده قابل تجزیه بیولوژیکی تبدیل می شوند، سپس در جریان تصفیه بیولوژیکی این مواد به وسیله باکتری های هوازی اکسید می گردند.

#### مقدمه

رنگینه ها از مهمترین و مشخص ترین آلاینده های فاضلاب های صنایع نساجی و رنگری محسوب می شوند که حضور آنها در فاضلاب حتی در غلظت های بسیار کم نیز به سهولت قابل تشخیص است. ساختمان شیمیایی رنگینه های نساجی که محدوده وسیعی از مواد شیمیایی آلی را شامل می شوند، بسیار متنوع و متفاوت می باشد و لیکن یک ویژگی

مشترک این ترکیبات عبارت است از: قابلیت بالای جذب نور. علاوه بر این، رنگینه ها غالباً از قابلیت تجزیه بیولوژیکی بسیار پایینی برخوردارند و معمولاً در ساختمان شیمیایی خود حاوی فلزات سمی مانند کروم، ترکیبات سرطان زایی چون بنزیداین و

\* - عضو هیأت علمی دانشکده عمران - دانشگاه صنعتی اصفهان  
\*\* - کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست - دانشگاه صنعتی اصفهان  
\*\*\* - عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی شیمی - دانشگاه صنعتی اصفهان

گروه های حاوی نیتروژن، نظیر گروه های آزو و نیتروزو می باشند. لذا ورود فاضلاب حاوی این مواد به محیط زیست، به ویژه منابع آب، ضمن ایجاد منظره ناخوشایند و برانگیختن اعتراضات مردمی، عواقب زیر را نیز به دنبال خواهد داشت:

جلوگیری از نفوذ نور خورشید به عمق آب های پذیرنده، اختلال در عمل فتوسنتز گیاهان آبزی، رشد سریع و بی حد جلبک ها، افزایش سختی و کدورت آب ها، مرگ و میر برخی از موجودات آبزی و انهدام اکولوژی، آب های سطحی و مسمومیت های تدریجی در انسان ها.

با این وصف بدیهی است که حذف رنگ از فاضلاب های صنایع نساجی و رنگری، امری ضروری و لازم الاجرا است اما تنوع و پیچیدگی ساختمان شیمیایی رنگینه ها و تنوع مواد تعاونی همراه آن ها از یک سو و تغییرات کوتاه مدت و مداوم خصوصیات کمی و کیفی فاضلاب های نساجی از سوی دیگر سبب گردیده که تصفیه این نوع فاضلاب ها با دشواری های زیادی مواجه شود، به طوری که در پاره ای موارد حتی روش ها و تکنولوژی های مدرن تصفیه نیز قادر به حذف کامل رنگ این نوع فاضلاب ها نمی باشد.

تاکنون روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی متعددی جهت رنگ زدایی فاضلاب های نساجی مورد بررسی قرار گرفته که هر یک از آنها، بنا به دلیلی، کاربردی لازم را در صنعت پیدا ننموده اند. در جدول ۱ مهمترین روش های رنگ زدایی فاضلاب های نساجی به همراه مزایا و معایب هر یک از آنها ارائه گردیده است.

لزوم تصفیه فاضلاب های رنگی نساجی به دلیل اثرات تخریبی آنها بر محیط زیست و نیز نا کامی های تحقیقات گذشته در ارائه یک روش کاربردی جهت تصفیه این نوع فاضلاب ها، انگیزه ای برای انجام این تحقیق شد که هدف اصلی از انجام آن، دستیابی به روشی جدید و کارآمد جهت رنگ بری و تصفیه فاضلاب های صنایع نساجی و رنگری بوده است.

#### ۲- مواد و روش ها

پس از نمونه برداری ترکیبی از فاضلاب واحدهای رنگری و تکمیل دو کارخانه نساجی، نسبت به تعیین مهمترین

خصوصیات کیفی نمونه های اخذ شده، اقدام گردید. این خصوصیات عبارت بودند از:

BOD، COD، کدورت (TU)، قلیابیت (ALK)، مجموع مواد جامد (TS)، مجموع مواد جامد معلق (TSS)، مجموع مواد جامد محلول (TDS)، مجموع مواد جامد فرار (VSS)، روغن و گریس، سفرکل، کربن غیر آلی، اختلاف رنگ با آب مقطر ( $\Delta E$ ).

کلیه پارامترهای فوق الذکر (به استثنای  $\Delta E$ ) بر اساس روش های کتاب استاندارد متد [۲۱] و مقادیر  $\Delta E$  بر مبنای روش ASTM-E450-82 اندازه گیری شده است.

در گام بعدی، هر یک از نمونه ها، به طور جدا گانه تحت تصفیه شیمیایی قرار گرفتند، بدین ترتیب که با استفاده از احیا کننده سدیم بورهیدراید و کاتالیزور دی سولفیت سدیم، رنگینه های موجود در فاضلاب ها احیا گردید در نتیجه، با تبدیل رنگینه ها به مواد ساده بی رنگ، عمل رنگ بری فاضلاب ها صورت پذیرفت. در این مرحله، pH بهینه، حداقل زمان لازم برای تصفیه شیمیایی، حداقل مقادیر لازم از احیا کننده و کاتالیزور نیز از طریق انجام یک سری آزمایش جار تعیین شد.

پس از انجام فرایند احیا، فاضلاب ها در دو بیوراکتور مشابه و مجزا مورد تصفیه واقع شدند. هر بیوراکتور از ظرف درپوش داری به حجم ۲/۵ لیتر تشکیل می شد که در قسمت فوقانی آن، یک ورودی جهت تزریق هوا، یک خروجی جهت انتقال گازهای تولیدی و مجرای برای افزودن مواد مغذی یا نمونه برداری تعبیه گردیده بود. هوادهی هر سیستم توسط یک پمپ مخصوص آکواریوم و عمل اختلاط محتویات درون آنها به وسیله یک همزن مغناطیسی انجام می گرفت. کلیه راکتورها به صورت منقطع عمل می کردند. میکروارگانیزم های لازم نیز از لجن فعال برگشتی یک تصفیه خانه فاضلاب شهری تهیه شده بود.

جهت اندازه گیری راندمان رنگ بری و تصفیه، در پایان هر فرایند شیمیایی و بیولوژیکی، به انجام آزمایشات BOD، COD و  $\Delta E$  مبادرت گردید.

به منظور بررسی تغییراتی که به موجب فرایندهای مختلف تصفیه، در ساختمان شیمیایی آلاینده ها به وجود می آید، بر



جدول ۱- مهمترین روش های رنگ زدایی فاضلاب های نساجی و مشخصات آنها

| روش رنگ زدایی       |                        | محقق و سال تحقیق  | راندمان رنگ بری   | سرعت تصفیه    | هزینه     | معایب و مشکلات  |
|---------------------|------------------------|---|-------------------|---------------|-----------|---|
| جذب سطحی            | ۱- بوسيله گرین فعال    | مکی و همکاران [۷]   | متوسط تا خیلی خوب | متوسط         | زیاد      | حذف کم رنگینه های دیسپرس، خمی و گوگردی - نیاز به پیش تصفیه - نیاز به احیای کربن مشکل دفع مواد جذب شده |
|                     | ۲- بوسيله چیتوسان      | اسمیت و همکاران [۶]<br>کیم و همکاران [۸]                          | متوسط تا خوب      | کم تا متوسط   | زیاد      | حذف کم رنگینه های بازیگ - نیاز به پیش تصفیه مشکل دفع مواد جذب شده                                     |
| تبادل یونی          |                        | کرمر و استینکن [۲۰]   | خیلی خوب          | متوسط         | خیلی زیاد | حذف کم رنگینه های نامحلول - نیاز به پیش تصفیه - نیاز به احیای رزین - مشکل دفع لجن                     |
| انعقاد              |                        | لاتیا و جویس [۲۳]<br>مارمین و کاست [۵]                            | کم تا متوسط       | متوسط تا سریع | متوسط     | حذف کم رنگینه های محلول - مشکل دفع لجن شیمیایی  |
| اکسیداسیون          | ۱- توسط ازن            | لین و لین [۱۰]<br>استیرکلند و پرکینز [۹]<br>مارمین و کاست [۵]     | خوب تا خیلی خوب   | متوسط تا سریع | زیاد      | حذف کم رنگینه های نامحلول - امکان خروج ازن مازاد - نیاز به انهدام ازن مازاد - کاهش کم COD             |
|                     | ۲- توسط کلر            | راندل [۲۴]<br>نامبودری و همکاران [۱۱]                             | متوسط تا خوب      | متوسط تا سریع | متوسط     | حذف کم رنگینه های نامحلول - تولید تری هالو متانها - کاهش کم COD                                       |
| ۳- توسط $H_2O_2/UV$ |                        | ایگر [۱۲]   | خوب تا خیلی خوب   | متوسط تا سریع | خیلی زیاد | امکان انتشار اشعه UV - کاهش کم COD  |
| جداسازی فشایی       |                        | مارمین و کاست [۵]   | خیلی خوب          | متوسط تا سریع | خیلی زیاد | امکان انسداد حفره های غشا - نیاز به پیش تصفیه - مشکل دفع مواد جدا شده                                 |
| فنتون               |                        | کیو [۲۶]<br>لین و پنگ [۱۵]  | خوب تا خیلی خوب   | سریع          | متوسط     | معضل دفع لجن شیمیایی - امکان افزایش سولفات  |
| الکتروشیمیایی       |                        | ویل کوک و همکاران [۱۷]<br>لین و پنگ [۲۵]<br>سی زان و همکاران [۱۶] | متوسط تا خوب      | سریع          | زیاد      | افزایش سختی و هدایت الکتریکی بساب - معضل دفع لجن شیمیایی - کاهش کم COD                                |
| بیولوژیکی           | ۱- هوازی               | هو [۱۸]   | خوب               | کم تا متوسط   | متوسط     | اشغال فضای زیاد - انعطاف پذیری کم در مقابل تغییر نوع رنگینه ها - معضل دفع لجن در سیستم جذب بیولوژیکی  |
|                     | ۱-۱- مکانیسم جذب       | جیانگ و بیشاپ [۲۸]<br>مینال و کوپتا [۳]                           | کم                | کم تا متوسط   | متوسط     |   |
|                     | ۲-۱- مکانیسم تجزیه     | کارلیل و همکاران [۲۹]   | متوسط تا خوب      | کم تا متوسط   | متوسط     | ابجاد بوی تعفن - گاهی تولید مواد سمی مانند آمین آروماتیکها  |
| ۳- هوازی - بی هوازی |                        | مشادری و همکاران [۲۲]<br>آسپیرینگ و همکاران [۲۷]                  | متوسط تا خوب      | کم تا متوسط   | متوسط     | اشغال فضای زیاد - تولید بوی بد  |
| ترکیبی              | ۱- کربن فعال-بیولوژیکی | والکر و درلی [۲]  | متوسط تا خیلی خوب | کم            | زیاد      | اشغال فضای زیاد - مشکل دفع مواد جذب شده   |
|                     | ۲- انعقاد - بیولوژیکی  | شلی و همکاران [۴]   | متوسط تا خوب      | کم            | متوسط     | اشغال فضای زیاد - معضل دفع لجن شیمیایی  |

روی یکی از نمونه ها در مراحل قبل و بعد از فرایندهای شیمیایی و بیولوژیکی، آنالیزهای طیف سنجی IR و UV انجام گردید [۱]. شایان ذکر است که گروه های رنگی موجود در هر یک از فاضلاب های مورد آزمایش عبارت بودند از:

گروه های رنگی موجود در نخستین نمونه: اسیدی، متال کمپلکس، بازیگ و دیسپرس.  
گروه های رنگی موجود در دومین نمونه: مستقیم، بازیگ، متال کمپلکس و دیسپرس.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تصفیه شیمیایی و متعاقباً تصفیه بیولوژیکی فاضلاب ها، به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه گردیده است. جداول ۴ و ۵ نیز مشخصات کیفی همان فاضلاب ها را در قبل و بعد از تصفیه به روش احیا - بیولوژیکی نشان می دهد.

بر اساس آنچه که در جداول مذکور بیان شده، می توان این گونه نتیجه گیری نمود که در طی تصفیه شیمیایی، به علت گسیخته شدن پیوندهای مزدوج کروموفورها، رنگ فاضلاب ها ( $\Delta E$ ) کاهش و از سوی دیگر، با تبدیل یک سری ترکیبات آروماتیک، اعم از رنگی و غیر رنگی به مواد ساده قابل تجزیه بیولوژیکی، BOD فاضلاب ها افزایش می یابد که احتمالاً در طی این تغییر و تحولات موادی، نظیر آب، انواع گازها و ترکیبات فرار نیز بوجود می آیند. تولید موادی از این قبیل، تا حدودی سبب کاهش COD می شود. عدم تولید لجن شیمیایی در این مرحله، یکی از مهمترین مزایای تصفیه به روش احیا - بیولوژیکی به شمار می آید.

حذف نسبتاً کامل BOD و کاهش نسبتاً بالای COD در طی

تصفیه بیولوژیکی، بیانگر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن اکثر ترکیبات حاصل از احیای آلاینده ها می باشد.

شکل های ۱ و ۲ اثر زمان ماند هیدرولیکی بر میزان تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های احیا شده را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می گردد، میزان حذف COD پس از ۳ روز بسیار کم است، به عبارت دیگر، زمان ماند مناسب حدود ۳ روز می باشد که در ساعات اولیه تصفیه نیز حذف COD عمدتاً از طریق جذب میکروبی صورت می گیرد. باید توجه نمود که این زمان ماند، شامل زمان خوگیری میکروارگانیسم ها با فاضلاب نیز می باشد.

طیف های حاصل از انجام آنالیزهای IR و UV بر روی دومین نمونه فاضلاب مورد آزمایش، در شکل های ۳ الی ۸ و تفسیر آنها در جداول ۶ الی ۸ ارائه شده است.

به وجود آمدن گروه های عاملی از نوع آلکن ها و افزایش گروه های آلکنیل پس از فرایند شیمیایی احیا می تواند مؤید این نکته باشد که طی فرایند احیا، به دنبال شکسته شدن پیوندهای دوگانه ترکیبات، مواد آروماتیکی موجود در فاضلاب به گروه های عاملی ساده، نظیر آلکن ها و آلکنیل ها تبدیل می شوند. کاهش گروه های عاملی مذکور، در طی تصفیه بیولوژیکی نیز احتمالاً ناشی از اکسیداسیون آنها توسط باکتری های هوازی بوده است. (رجوع به طیف های IR و تفسیر آنها).

کاهش تدریجی مواد آروماتیکی و حلقه های بنزنی در طی مراحل مختلف تصفیه را می توان از نتایج کیفی UV استنباط نمود.

لازم به ذکر است که به دلیل متفاوت بودن مقادیر وزنی

جدول ۲- نتایج تصفیه شیمیایی فاضلاب ها در pH بهینه

| شماره نمونه | غلظت $NaBH_4$ (g/l) | غلظت $Na_2S_2O_5$ (g/l) | pH بهینه | pH نهایی | مشخصات فاضلاب ها قبل از تصفیه شیمیایی |            |                   |            | مشخصات فاضلاب ها پس از تصفیه شیمیایی |            |                   |            |      |      |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------|----------|---------------------------------------|------------|-------------------|------------|--------------------------------------|------------|-------------------|------------|------|------|
|             |                     |                         |          |          | BOD <sub>5</sub> (mg/l)               | COD (mg/l) | $\frac{COD}{BOD}$ | $\Delta E$ | BOD <sub>5</sub> (mg/l)              | COD (mg/l) | $\frac{COD}{BOD}$ | $\Delta E$ |      |      |
| ۱           | ۰/۰۶                | ۰/۲۵                    | ۴        | ۴-۵      | ۱۶۳                                   | ۷۷۰        | ۴/۷               | ۲۳/۷۵      | ۲۷۴                                  | ۶۷۹        | ۲/۵               | ۶/۵۴       | ۱۱/۸ | ۷۲/۵ |
| ۲           | ۰/۰۵                | ۰/۲                     | ۴        | ۴-۵      | ۱۵۷                                   | ۶۱۵        | ۳/۹               | ۲۵/۱۷      | ۲۲۷                                  | ۵۶۶        | ۲/۵               | ۳/۶۴       | ۸    | ۸۵/۵ |



جدول ۳- نتایج تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های احیا شده

| شماره نمونه | راندمان کل سیستم شیمیایی - بیولوژیکی |              |              | راندمان سیستم بیولوژیکی (پس از احیا) |              |              | ملاحظات  |
|-------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--|
|             | درصد حذف $\Delta E$                  | درصد حذف BOD | درصد حذف COD | درصد کاهش $\Delta E$                 | درصد حذف BOD | درصد حذف COD |  |
| ۱           | ۷۴                                   | >۹۷          | ۷۶/۵         | ۶/۵                                  | >۹۸          | ۷۳/۳         | مقادیر درون پرانتز مربوط به شرایطی است که غلظت نیترژن ۱۵/۰ گرم بر لیتر بوده است. |
| ۲           | ۸۷ (۸۸)                              | >۹۷ (>۹۷)    | ۷۴ (۸۲)      | ۹/۵ (۱۵)                             | >۹۸ (>۹۸)    | ۷۲ (۸۰)      |  |

جدول ۴- مشخصات کیفی فاضلاب‌های مورد بررسی

| شاخص آلودگی                              | واحد شاخص | نخستین نمونه | دومین نمونه |
|--|-----------|--------------|-------------|
| BOD <sub>5</sub>                         | mg/l      | ۱۶۳          | ۱۵۷         |
| کل COD                                   | mg/l      | ۷۷۰          | ۶۱۶         |
| COD محلول                                | mg/l      | ۵۹۵          | ۴۱۲         |
| مجموع جامدات (TS)                        | mg/l      | ۴۱۴۱         | ۲۸۶۰        |
| مجموع جامدات محلول (TDS)                 | mg/l      | ۳۹۵۰         | ۲۵۷۵        |
| مجموع جامدات معلق (TSS)                  | mg/l      | ۱۹۱          | ۲۸۵         |
| مجموع مواد معلق فرار (VSS)               | mg/l      | ۳۲           | ۵۶          |
| قلیائیت بر حسب CaCO <sub>3</sub> (ALK)   | mg/l      | ۱۰۳/۵        | ۱۴۰         |
| کدورت (TU)                               | NTU       | ۳۰۶          | ۴۳۴         |
| اختلاف رنگ ( $\Delta E$ )                | -         | ۲۳/۷         | ۲۵/۱        |
| روغن و گریس                              | mg/l      | ۲۷۷          | ۱۸۶         |
| فسفر (TP)                                | mg/l      | ۳/۷          | ۶/۱         |
| کربن غیر آلی به فرم Co <sub>2</sub> آزاد | mg/l      | ۳۲/۱         | ۴۰/۶        |
| pH نمونه‌های لحظه‌ای                     | -         | ۵/۵-۱۰       | ۶/۵-۸/۵     |
| pH نمونه ترکیبی                          | -         | ۶/۹          | ۷/۱۵        |
| درجه حرارت نمونه‌های لحظه‌ای (T)         | °C        | ۲۰-۷۰        | ۲۰-۶۰       |

\* قلیائیت به طور کل از نوع بی‌کربناتی بوده است.

جدول ۵- مشخصات کیفی فاضلاب‌های مورد بررسی پس از تصفیه شیمیایی (احیا) - بیولوژیکی

| شاخص آلودگی                            | واحد | نخستین نمونه | دومین نمونه |
|--|------|--------------|-------------|
| BOD <sub>5</sub>                       | mg/l | <۵           | <۵          |
| کل COD                                 | mg/l | ۱۸۱          | ۱۰۹         |
| مجموع جامدات (TS)                      | mg/l | ۷۱۸          | ۲۵۶/۵       |
| مجموع جامدات محلول (TDS)               | mg/l | ۷۰۲/۵        | ۲۴۸/۱       |
| مجموع جامدات معلق (TSS)                | mg/l | ۱۵/۵         | ۸/۴         |
| مجموع مواد معلق فرار (VSS)             | mg/l | ۲            | ۷/۳         |
| قلیائیت بر حسب CaCO <sub>3</sub> (ALK) | mg/l | ۲۵/۶         | ۱۱          |
| کدورت (TU)                             | NTU  | ۲۶/۴         | ۱۴/۲۳       |
| اختلاف رنگ ( $\Delta E$ )              | -    | ۶/۱۱۲۷       | ۳/۰۸۹۷      |
| pH                                     | -    | ۷/۲          | ۷/۵         |

جدول ۶- محل و شدت باندهای جذبی ظاهر شده در طیف‌های IR دومین فاضلاب در قبل و بعد از تصفیه

| شماره باند | محدوده باند جذبی (cm <sup>-1</sup> ) | شدت پیک      |                      |                                 |
|------------|--------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|
|            |                                      | قبل از تصفیه | بعد از تصفیه شیمیایی | پس از تصفیه شیمیایی - بیولوژیکی |
| ۱          | ۳۴۵۰-۳۶۰۰                            | متوسط        | متوسط                | متوسط                           |
| ۲          | ۳۱۰۰-۳۴۰۰                            | متوسط        | متوسط                | متوسط                           |
| ۳          | ۱۳۸۰-۱۴۷۰                            | متوسط        | ضعیف                 | -                               |
| ۴          | ۱۰۳۰-۱۲۳۰                            | شدید         | شدید                 | شدید                            |
| ۵          | ۹۲۰-۱۰۰۰                             | -            | متوسط                | -                               |
| ۶          | ۵۷۰-۶۵۰                              | متوسط        | شدید                 | متوسط                           |

جدول ۷- تفسیر طیف‌های IR دومین فاضلاب در قبل و بعد از تصفیه

| شماره باند | محدوده باند جذبی (cm <sup>-1</sup> ) | ترکیب یا گروه عاملی احتمالی   | فرمول شیمیایی                                     |
|------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| ۱          | ۳۴۵۰-۳۶۰۰                            | فنل                           | Ar-OH   |
| ۲          | ۳۱۰۰-۳۴۰۰                            | آمین                          | >NH   |
| ۳          | ۱۳۸۰-۱۴۷۰                            | آلکیل (کششی C-H)              | -CH <sub>3</sub> , -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> |
| ۴          | ۱۰۳۰-۱۲۳۰                            | استرها و لاکتون‌ها (کششی C-O) | O<br>CH - C - OR                                  |
| ۵          | ۹۲۰-۱۰۰۰                             | آلکن‌ها                       | R <sub>2</sub> C = CH <sub>2</sub>                |
| ۶          | ۵۷۰-۶۵۰                              | آلکیل                         | cis - RCH = CHR                                   |

جدول ۸- تفسیر طیف‌های UV دومین فاضلاب در قبل و بعد از تصفیه

| شماره مرجع | عدد موج (cm <sup>-1</sup> ) | شدت پیک    |                     |                                 | فرمول شیمیایی                  |
|------------|-----------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|            |                             | فاضلاب خام | پس از تصفیه شیمیایی | پس از تصفیه بیولوژیکی - شیمیایی |                                |
| ۱          | ۲۴۵                         | شدید       | متوسط               | ضعیف                            | Ar-R                           |
| ۲          | ۲۸۰                         | شدید       | متوسط               | ضعیف                            | Ar-R                           |
| ۳          | ۳۲۵                         | شدید       | متوسط               | ضعیف                            | R-Ar-R<br>یا<br>Meo - Ar - CHO |

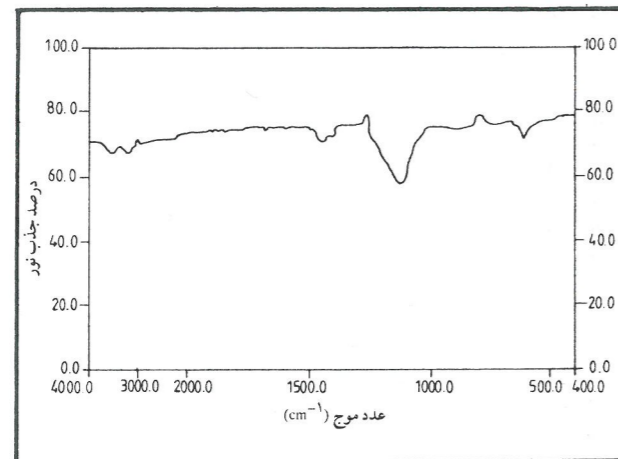
جدول ۹- مقایسه راندمان حذف COD روش مورد تحقیق با سایر روش‌های متداول تصفیه

| شماره نمونه | درصد حذف COD     |                                  |   |
|-------------|------------------|----------------------------------|---|
|             | احیا - بیولوژیکی | انعقاد با آلوم (۵/۰ گرم در لیتر) | جذب با کربن فعال (به ترتیب ۴/۰ و ۳/۰ گرم در لیتر) |
| ۱           | ۷۶               | ۴۹                               | ۵۳  |
| ۲           | ۸۲               | ۶۱                               | ۴۸  |

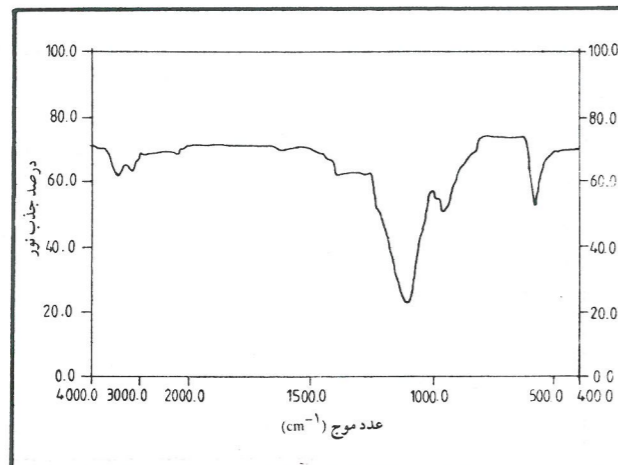
نمونه‌های مورد آزمایش در آنالیزهای IR و UV، مقایسه کمی طیف‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد.

در جدول ۹ مقایسه‌ای بین روش احیا-بیولوژیکی و سایر روش‌های متداول تصفیه، به لحاظ راندمان رنگ‌بری انجام گردیده است. از بررسی همزمان مشخصات کیفی فاضلاب‌های واقعی و راندمان هر نوع روش تصفیه مشخص می‌شود که با تلفیق دو روش شیمیایی و بیولوژیکی راندمان سیستم از لحاظ میزان حذف COD و رنگ‌بری به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد.

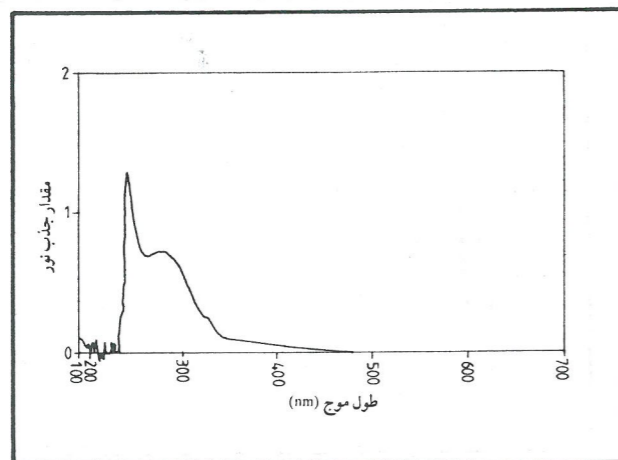
به طور کلی، با استناد به نتایج حاصله می‌توان اظهار داشت که سیستم تصفیه‌ای احیا-بیولوژیکی قادر است رنگ ( $\Delta E$ )، BOD، COD و TDS فاضلاب‌های رنگی نساجی را به مقدار قابل توجهی (بیش از ۷۰ درصد) کاهش دهد. مضاف بر این که مقادیر اکثر شاخص‌های آلودگی این نوع فاضلاب‌ها پس از تصفیه به روش احیا-بیولوژیکی، در محدوده استانداردهایی قرار می‌گیرد که سازمان حفاظت محیط زیست برای تخلیه فاضلاب‌های صنعتی به آب‌های سطحی مقرر نموده است.



شکل ۳- طیف IR دومین فاضلاب قبل از تصفیه

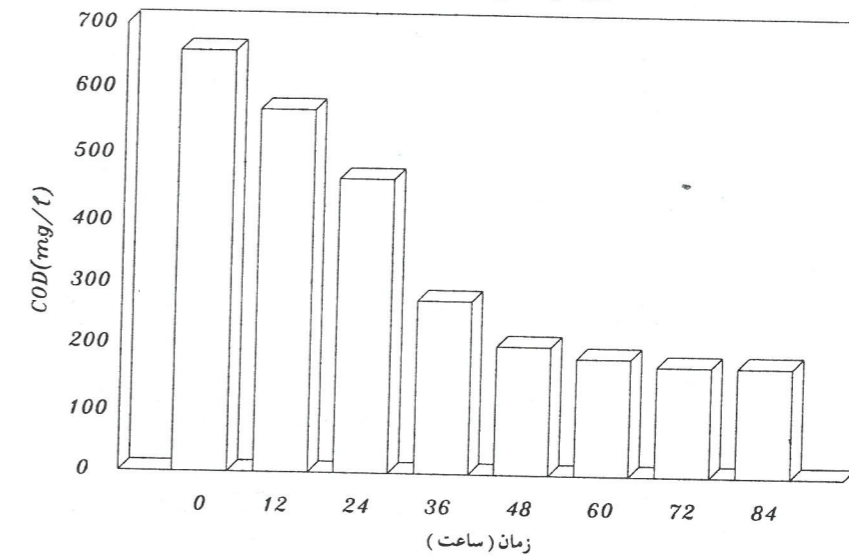


شکل ۴- طیف IR دومین فاضلاب بعد از تصفیه شیمیایی (احیا)



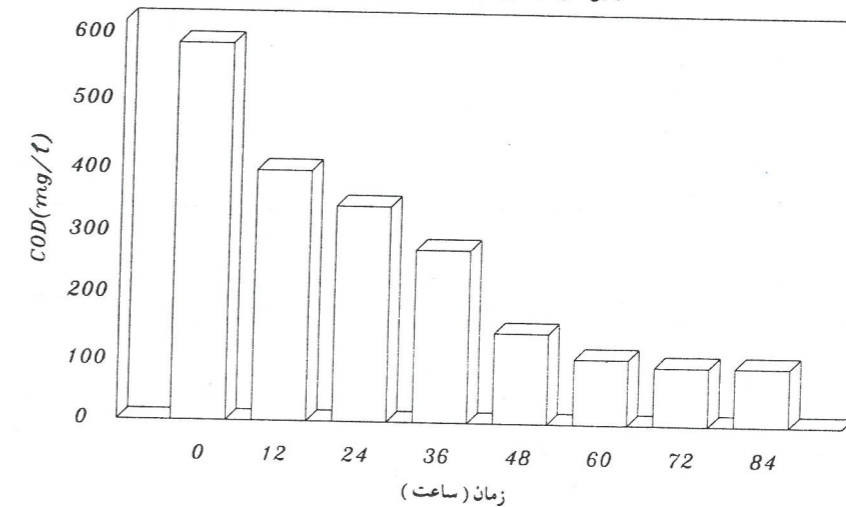
شکل ۵- طیف UV دومین فاضلاب بعد از تصفیه شیمیایی (احیا)

اولین نمونه واقعی فاضلاب رنگی نساجی



شکل ۱- تأثیر زمان ماند هیدرولیکی بر مقدار حذف COD فاضلاب احیا شده

دومین نمونه واقعی فاضلاب رنگی نساجی



شکل ۲- تأثیر زمان ماند هیدرولیکی بر مقدار حذف COD فاضلاب احیا شده



#### ۴- نتیجه گیری

نتایج کلی این تحقیق را به طور خلاصه می توان به صورت زیر بیان نمود:

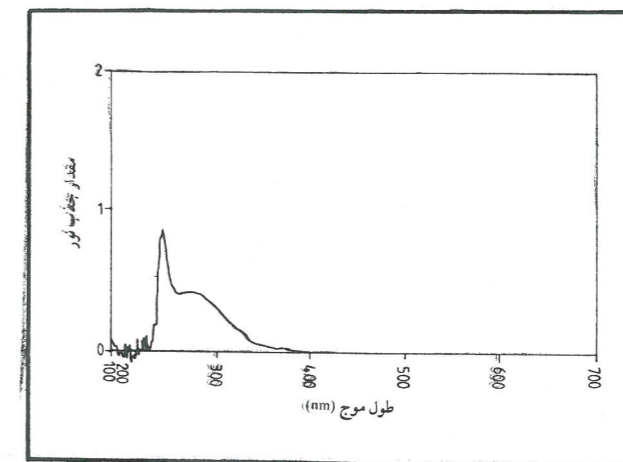
- ۱- سدیم بوره‌ها را می توان به تنهایی نمی تواند، بسیاری از رنگینه‌های نساجی را احیا نماید.
- ۲- سدیم بوره‌ها را می توان در حضور کاتالیزور دی سولفیت سدیم قادر است اکثر رنگینه‌های نساجی به استثنای رنگینه‌های آنتراکینون، کینولین و تری آزین را احیا و محلول حاوی آنها را به میزان ۷۶/۵ الی ۹۹/۵ درصد رنگبری نماید.
- ۳- حضور دی سولفیت سدیم در تصفیه شیمیایی باعث می شود که واکنش احیای رنگینه، از طریق مکانیسم و به وسیله ترکیب فعال شده جدیدی انجام شود که این ترکیب برای رنگینه‌های مونو آزو، رادیکال  $SO_2$ ، موجب شکسته شدن پیوند دوگانه کروموفورها گردیده و بدین ترتیب با از بین رفتن عامل مولد رنگ، ترکیبات پیچیده رنگی به مواد ساده تر نسبتاً بی رنگی که اغلب از خانواده هیدروکربن‌ها می باشند، تبدیل می شوند.

#### منابع و مراجع

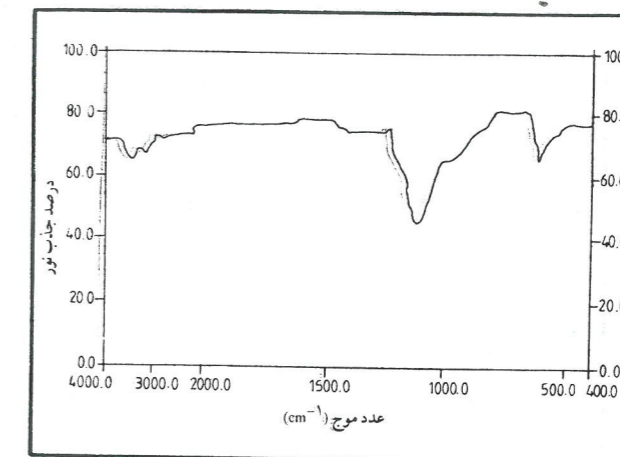
- ۴- در صورتی که از دی سولفیت سدیم استفاده شود، حداقل مقدار مورد نیاز از سدیم بوره‌ها را می توان به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.
- ۵- نتایج آنالیزهای طیف سنجی IR و UV در مراحل مختلف تصفیه نشان می دهد که بخش آروماتیک و برخی از گروه‌های عاملی رنگینه‌ها در اثر واکنش احیای شیمیایی به مواد ساده‌ای نظیر آلکن، الکل، آلکنیل، فنل و پلی‌ان‌ها تبدیل می شوند. بنابراین در اثر فرایند احیا، BOD محلول‌های رنگی افزایش می یابد. اما در طی تصفیه بیولوژیکی محلول‌های احیا شده، موادی نظیر الکل، آلکنیل، الکن، کتون، فنل، پلی‌ان و برخی آروماتیک‌ها توسط باکتری‌های هوازی اکسید و حذف می شوند، لذا BOD و COD آنها کاهش می یابد.
- ۶- تصفیه احیا - بیولوژیکی قادر است با تولید لجن کمتر، رنگ، BOD و COD فاضلاب‌های نساجی را به ترتیب ۷۴-۸۸، ۱۰۰-۹۶/۸ و ۸۳-۷۶ درصد کاهش دهد.

۱- میر محمد صادقی، م. و سعیدی، م. (۱۳۶۶). "شناسایی ترکیبات آلی به روش طیف سنجی"، انتشارات دانشگاه اصفهان.

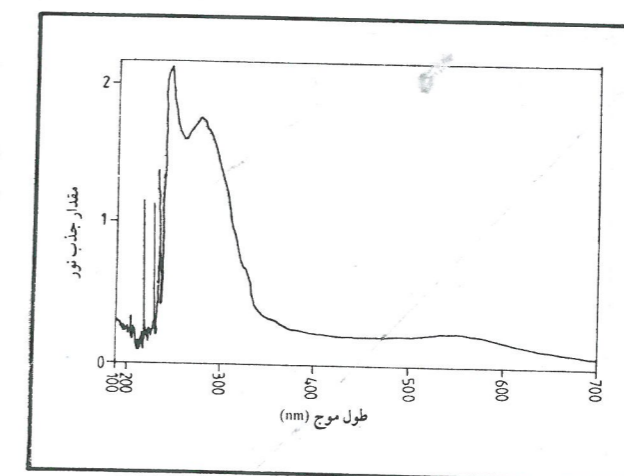
- 2- Walker, G. M. and Weatherly, L. R., (1997). " Adsorption of Acid Dyes on to Granular Activated Carbon Fixed Beds", Water Research, Vol. 31, No. 8, pp. 2093-2101.
- 3- Mittal, A. and Gupta, S.K., (1996). " Biosorption of Cationic Dyes by Dead Macro Fungus Fomitopsis Carnea : Batch Studies ", Water Science & Technology, Vol. 34. No. 8, pp. 81-87.
- 4- Shelly, A., (1993). " Removing Color from Dyehouse Wastewater - A Critical Review of Technology Available, J.S.D.C, Vol. 109, No. 3, pp. 97-100.
- 5- Marmagne, O. and Coste, C., (1996). " Color Removal from Textile Plant Effluents ", American Dyestuff Reporter, Vol. 85, No. 4, pp. 12-15.
- 6- Smith, B., Koonce, T. and Hudson, S., (1993). " Decolorizing Dye Wastewater Using Chitosan ", American Dyestuff Reporter, Vol. 82, No. 10, pp. 18-36, 66.
- 7- Mckay, G., Blair, H. S. and Gardner, J. R., (1982). " Adsorption of Dyes on Chitin. I. Equilibrium Studies ", J. Appl. Polym. Sci, Vol. 27, No. 27, No. A, pp. 3047-3057.
- 8- Kim, ch. Y., choi, H. M. and Cho, H. T., (1997). " Effect of Deacetylation of Sorption of Dyer and Chromium of Chitin", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 63, No. 6, pp. 725-739.
- 9- Strickland, A. F., Perkins, W. S., (1995). " Decolorization of Continuous Dyeing Wastewater by Ozonation ", Textile Chemist and Colorist, Vol. 27, No. 5, pp. 11-15.
- 10- Lin, Sh. H. and Lin, Ch. M., (1993). " Treatment of Textile Waste Effluent by Ozonation and Chemical Coagulation", Water Research, Vol. 27, No. 12, pp. 1743-1745, 1993.



شکل ۶- طیف UV دومین فاضلاب بعد از تصفیه شیمیایی (احیا) - بیولوژیکی



شکل ۷- طیف IR دومین فاضلاب بعد از تصفیه شیمیایی (احیا) - بیولوژیکی



شکل ۸- طیف UV دومین فاضلاب قبل از تصفیه

- 11- Nambodri, C. G. and Walsh, W. K., (1995). " *Decolorization Spent Dye Bath with Hot Peroxide* ", American Dyestuff Reporter, Vol. 84, No. 9, pp. 86-95.
- 12- Uygur, A., (1995). " *Decolorization of Wastewater of Reactive Dyes* ", Melliland English, Vol. 76, No. 6, pp. E. 121-126.
- 13- Hung, Y. Sh. and Ching, R. H., (1995). " *Ultraviolet Enhanced Oxidation for Color Removal of Azo Dye Wastewater*", American Dyestuff Reporter, Vol. 84, No. 8, pp. 32-34, 96.
- 14- Uygur, A., (1997). " *An Overview of Oxidative and Photooxidative Decolorisation Treatment of Textile Wastewater* ", J.S.D.C, Vol. 113, No. 7, pp. 211-217, 1997.
- 15- Lin, Sh. and Peng, C. F., (1995). " *Treatment of Textile Wastewater by Fento's Reagent* ", J. Environ. Sci. Health, Vol. 30, No.5, pp. 89-101.
- 16- Clung, M., Suzanne, M. and Lemley, A. T., (1995). " *Electrochemical Treatment and HPLC Analysis of Wastewater containing Aid Dyes* ", Tex. Chem. & Col., Vol. 28, No. 8, pp. 17-22.
- 17- Wilcock, A., Brewster, M. and Tincher, W., (1992). " *Using Electrochemical Technology to Treat Textile Wastewater, Three Case Studies* ", American Duestuff Reporter, Vol., 81, No. 8, pp. 15-22.
- 18- Hu, T. L., (1996). " *Removal of Reactive Dyes from Aqueous Solution by Different Bacterial Genera*", Water Science and Technology, Vol. 31, No. 10, pp. 89-95.
- 19- Band, I. M., Nigam, P. S., Singh, D. and Marchant, R., (1996). " *Microbial Decolorization of Textile - Dye - Containing Effluent: A Review* ", Bioresource Technology, Vol. 58, No. 3, pp. 271-227.
- 20- Kermer, W. and Steenken, I., (1995). " *Decolorization of Dye House Wastewater by Ion- Pair Extraction* ", Melliland Tex. Brich, Vol. 76, No. 6, pp. E116-E120.
- 21- APHA, (1992). " *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* ", 18th Edition, American Public Health Association, Washington. Dc.
- 22- Seshadri, K., Campbell, M., and Joyce, T.W. (1994). " *A Continuous biological Process to decolorize Textile Color Wastewater* ", Biotech. Advds. 2 : 301-312.
- 23- Lathia, S.G., and Joyce, T.W. ( 1978). " *Removal of Color from Pulp Effluent - the Calcium Magnesium Coagulation Process* ", TAPPI Journal, 61 : 67-75.
- 24- Rundle, K. (1990). " *Decolorization of Dyes Wastewater* ", Biotech. Jour. 10(6) : 443-450.
- 25- Lin, S.H., and Peng, C.F. (1994). " *Treatment of Textile Wastewater by Electrochemical Method* ", Water Research, 28 : 277-283.
- 26- Kue, K.W. ( 1992). " *Decolorization Dye Wastewater with Fenton's Reagent* ", Water Research, 26 : 881-889.
- 27- Oxspring, K., Huber, R. and Hitz, H. (1996). " *The Adsorption of Dyes on Activated Sludge* ", J. Society Dyers and Colorists, 94 (2) : 71-76
- 28- Jiang, K., and Bishop, P.L. (1994). " *Dyes in Aerobic Bioreactors* ", Biotechnology Letter, 10(6) : 443-454.
- 29- Carliell, J., Mourato, D., and Jones, P. (1995). " *Answers to Textile Wastewater Problem* ", International Conferene and Exhibition, Montreal, Quebec, Oct., 3-6 : 224-235.