

# تهیه کربن فعال از ضایعات سلولزی و استفاده از آن در جذب مواد رنگزا

رضا انصاری خلخالی<sup>۱\*</sup>، بابک نوروزی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار و عضو هیات علمی دانشکده علوم، دانشگاه گیلان.

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

## چکیده:

در این پژوهش از چند نوع ضایعات سلولزی، برای تهیه کربن فعال استفاده شد. تهیه کربن فعال به دو روش شیمیایی و گازی صورت گرفت. کوره مخصوص برای تهیه کربن فعال در کارگاه فیزیک دانشکده علوم دانشگاه گیلان طراحی و ساخته شد. قدرت رنگبری کربن‌های فعال مختلف تهیه‌شده، بوسیله سه نوع ماده رنگزای مورد استفاده در صنایع نساجی و متیلن آبی مورد آزمایش قرار گرفت. برای داشتن یک مقایسه خوب، از ذغال معمولی چوب و ذغال فعال استاندارد (ساخت شرکت مرک آلمان) نیز استفاده شد. آزمایشها نشان دادند که پوسته فندق قابلیت خوبی را برای تبدیل به کربن فعال به روش گازی دارد. در روش فعالسازی شیمیایی نیز فسفریک اسید ماده فعال ساز مناسبتری نسبت به کلریدروی می باشد.

**واژه‌های کلیدی:** کربن فعال، فعال‌سازی، رنگبری، پساب، ضایعات سلولزی.

## مقدمه

مواد آلی مختلف گیاهی، سنتزی و طبیعی که دارای درصد بالایی کربن می‌باشند، بویژه ضایعات سلولزی مانند لیگنین در پساب صنایع کاغذ سازی و خاک اره، به عنوان مواد اولیه برای تهیه کربن فعال قابل استفاده هستند. مواد معدنی که اساس ساختمان آنها از کربن باشد مانند انواع ذغال سنگ‌ها و لیگنیت نیز به عنوان مواد اولیه مناسب برای تهیه کربن فعال به شمار می‌روند [۱ و ۲]. کربن فعال به دلیل داشتن سطح تماس زیاد ( $2500-3000 \text{ m}^2/\text{g}$ ) [۳] بطور موثری می‌تواند انواع آلاینده‌های شیمیایی مانند مواد رنگزا و فلزات سنگین را از فازهای گاز یا مایع از طریق جذب سطحی حذف کند لذا به عنوان متداولترین جاذب برای عملیات تصفیه آب و پساب مورد استفاده قرار گرفته است [۴-۷]. در جدول (۱) خواص برخی از مواد خام مورد استفاده در تولید کربن فعال آورده شده است [۸].

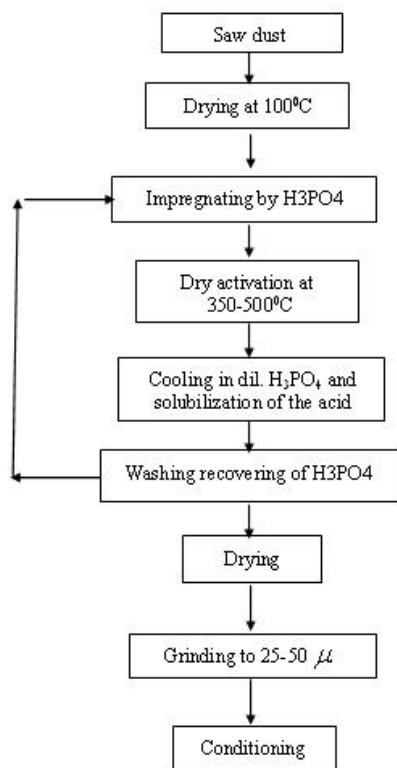
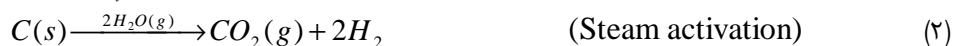
تهیه کربن فعال شامل دو فرایند کربنیزاسیون و اکتیواسیون (فعال‌سازی) است که می‌تواند بطور همزمان و یا جداگانه انجام گیرند. تهیه کربن فعال در صنعت بطور عمده به دو روش شیمیایی و گازی انجام می‌گیرد. در روش شیمیایی از مواد اولیه سلولزی و مواد شیمیایی آبیگر مثل کلرید روی، فسفریک اسید و سود یا پتاس استفاده می‌شود. پس از اختلاط این دو ماده، خمیر حاصل در دمای بالا (۷۰۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد) در غیاب هوا در داخل کوره های مخصوص دوار حرارت داده می‌شود. مواد شیمیایی بکار برده شده، در اثر شستشو با آب بازیافت می‌شود. در این روش، فرایند کربنیزه شدن و فعال شدن همزمان صورت می‌گیرد و کربن فعال تولیدشده بصورت پودری بوده و برای اهداف رنگبری در پسابها و مایعات کاربرد دارد. در شکل (۱) نمودار ساده و کلی تهیه شیمیایی کربن فعال توسط فسفریک اسید نمایش داده شده است. در روش گازی ماده اولیه که بصورت ذغال می باشد (ذغال طبیعی مثل ذغال سنگ و یا ذغال چوب) با گازهایی چون دی اکسیدکربن و یا بخار داغ آب (steam) در دمای بالا (۱۱۰۰-۹۰۰ درجه سانتیگراد) در غیاب هوا تماس داده می‌شود. مکانیزم فعال‌سازی در روش شیمیایی بر اساس جلوگیری از تشکیل شدن مواد هیدروکربنی سنگین بخاطر حضور مواد دهیدراته‌کننده (آبیگر) در خلل و فرجهای کربن استوار است که خود موجب مسدود شدن حفره‌های کربن و در نتیجه کاهش شدید سطح تماس آن می شود. در

\* مسئول مکاتبات، پیام نگار : [ransari@guilan.ac.ir](mailto:ransari@guilan.ac.ir)

صورتیکه در روش گازی، اکسایش کربن توسط گازهای تماس داده شده که به عنوان اکسیدانهای ملایم عمل می‌کنند انجام می‌گیرد و مقداری از کربن، خورده شده و از طرفی چون دمای واکنش بالاست هیدروکربن‌های سنگین و یا سایر ترکیباتی که در طی فرایند کربنیزاسیون تشکیل شده و خلل و فرجهای کربن را پر کرده‌اند بصورت فرار درآمده و همراه با گازهای ورودی جاروب می‌شوند. در نتیجه سطح تماس آن بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. معادلات (۱) تا (۳) مراحل تبدیل ماده کربنی را به کربن فعال نشان می‌دهد [۸و۴].

جدول ۱. خواص برخی از مواد خام مورد استفاده در تولید کربن فعال [۱].

ماده خام	کربن %	مواد فرار %	چگالی Kg/L	خاکستر %	ساختار کربن فعال	کاربرد کربن فعال
چوب نرم	۴۰-۴۵	۵۵-۶۰	۰/۴-۰/۵	۰/۳-۱/۱	نرم-حفره با حجم بزرگ	جذب در فاز آبی
چوب سخت	۴۰-۴۲	۵۵-۶۰	۰/۵۵-۰/۸۰	۰/۳-۱/۲	نرم-حفره با حجم بزرگ	جذب در فاز آبی
لیگنین	۳۵-۴۰	۵۸-۶۰	۰/۳-۰/۴	---	نرم-حفره با حجم بزرگ	جذب در فاز آبی
پوست نارگیل	۴۰-۴۵	۵۵-۶۰	۱/۴	۰/۵-۰/۶	سخت-ریز تخلخلها با حجم بزرگ	جذب در فاز گازی
لیگنیت	۵۵-۷۰	۲۵-۴۰	۱/۰۰-۱/۳۵	۵-۶	سخت-ریز تخلخلها با حجم کوچک	تصفیه پساب
ذغال نرم	۶۵-۸۰	۲۰-۳۰	۱/۲۵-۱/۵۰	۲-۱۲	نیمه سخت-ریز تخلخلها با حجم متوسط	جذب در فاز مایع و گاز
کک	۷۰-۸۵	۱۵-۲۰	۱/۳۵	۰/۵-۰/۷	نیمه سخت-حفره با حجم متوسط	تصفیه پساب
ذغال نیمه سخت	۷۰-۷۵	۱۰-۱۵	۱/۴۵	۵-۱۵	سخت-حفره با حجم بزرگ	جذب در فاز گازی
ذغال سخت	۸۵-۹۵	۵-۱۰	۱/۵-۱/۸	۲-۱۵	سخت-حفره با حجم بزرگ	جذب در فاز گازی



شکل ۱. فرایند تهیه کربن فعال از خاکاره به روش شیمیایی توسط فسفریک اسید [۸].

در این تحقیق، کربن فعال از ضایعات سلولزی و با استفاده از روشهای فعالسازی شیمیایی و گازی تهیه شده و برای رنگبری مواد رنگزای نساجی مورد استفاده قرار گرفته است که نتایج حاصله، در زیر مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

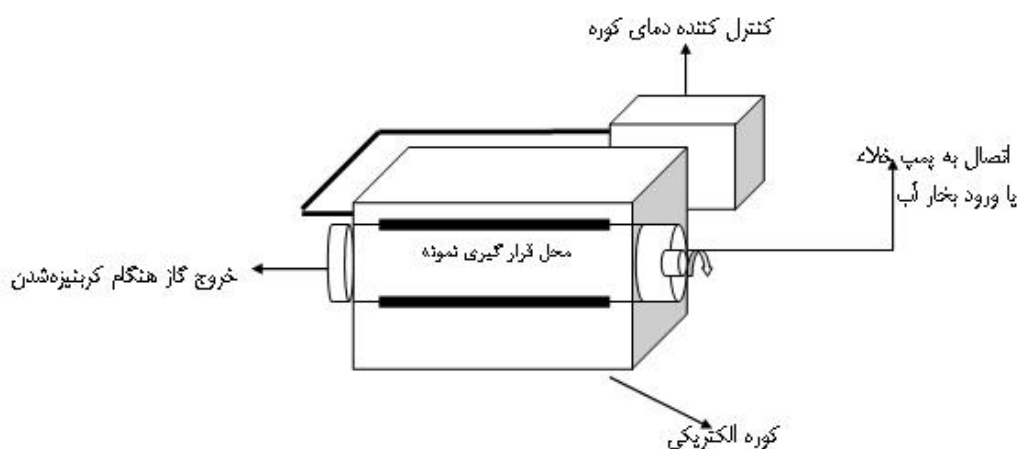
## کار آزمایشگاهی

### وسایل و مواد شیمیایی

کوره الکتریکی (طراحی و ساخته شده در دانشکده علوم دانشگاه گیلان) (شکل ۲ نمای شماتیک کوره را نشان می دهد). پوست فندق، پوست گردو، پوست نارگیل، پوست پسته، خاکاره، سبوس برنج و ذغال معمولی. کلرید روی، فسفریک اسید، متیلن آبی و کربن فعال مرک آلمان. رنگزاهای دیسپرس، اسیدی و کاتیونیک از شرکت سیبا (مشخصات مواد رنگزای مورد استفاده در جدول (۲) آمده است).

جدول ۲. مشخصات مواد رنگزای مصرفی.

نام تجاری ماده رنگزا	نام کالر ایندکس	ساختار شیمیایی
Maxilon yellow 3R	C. I. Basic yellow 22	methine
Erionyl green B-T 200%	C. I. Acid green 20	disazo
Terasil orange 5RL	C. I. Disperse orange 45	monoazo



شکل ۳. نمای شماتیک کوره الکتریکی طراحی شده.

### تهیه کربن فعال به روش شیمیایی

۱۰ گرم خاک اره که قبلاً در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد خشک شده بود وزن نموده با ۱۰۰ میلی لیتر محلول شیمیایی ( کلرید روی یا فسفریک اسید ) مخلوط نموده و در دمای ۹۰-۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد تا یک خمیر قهوه‌ای رنگی تشکیل شد. سپس خمیر حاصل در داخل کوره الکتریکی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. پس از سرد شدن تدریجی، کربن حاصل با محلول رقیق اسید کلریدریک ( در مورد کلرید روی ) یا با سدیم هیدروکسید ( در مورد فسفریک اسید ) شستشو داده شد. شستشو تا خارج ساختن کامل کلریدروی و اسید ادامه می یافت. پس از آب کشی با آب مقطر، کربن فعال بدست آمده در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد خشک و سپس آسیاب شد تا بصورت پودر کاملاً یکنواخت درآید.

### تهیه کربن فعال به روش گازی

در این آزمایش از موادی چون پوست گردو، پسته، نارگیل، فندق، سبوس برنج و ذغال چوب به عنوان مواد اولیه و بخار آب به عنوان عامل فعال ساز استفاده شد. دمای کوره ابتدا به مدت یک ساعت در ۵۰۰ درجه سانتیگراد تنظیم شد ( مرحله کربنیزه شدن ) سپس دمای کوره به ۹۰۰ درجه سانتیگراد رسانده شد ( حداکثر دمای قابل حصول توسط کوره ساخته شده). این مرحله که مرحله فعال سازی نامیده

می‌شود به مدت دو ساعت همراه با دمیدن بخار آب انجام گرفت. محصولات به تدریج تا دمای ۱۰۰ درجه سرد شده و سپس آسیاب و جمع آوری شد.

## ارزیابی کربنهای فعال

۱/۰ گرم از کربن فعال، وزن شده و با ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول رنگزای (ppm) ۲۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط همراه با هم‌زدن تماس داده شد. پس از صاف کردن، جذب محلول توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و غلظت رنگزا پس از رنگبری از فرمول (۱) محاسبه گردید. این کار برای کربنهای فعال استاندارد پودری (مرک) و یک نمونه از ذغال معمولی تکرار شد و نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$\text{درصد رنگبری} = \frac{A_i - A_f}{A_i} * 100 \quad (1)$$

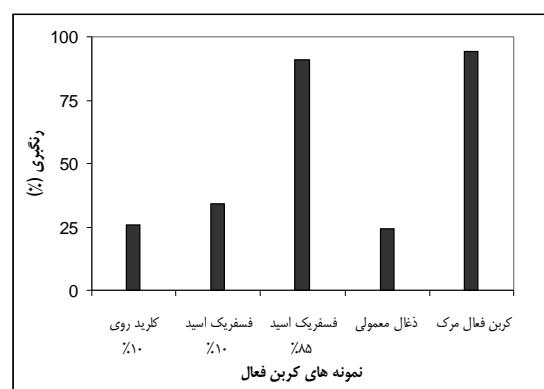
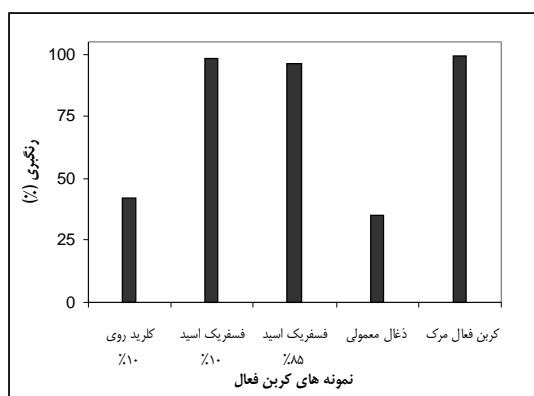
که:  $A_i$ : جذب اولیه محلول رنگزا در  $I_{\max}$  و  
 $A_f$ : جذب محلول پس از رنگبری در  $I_{\max}$ .

## نتایج و بحث

جدول (۳) و نمودارهای (۱) و (۲) نتایج حاصل از رنگبری دو رنگزای اسیدی و کاتیونی توسط کربن فعال تهیه شده از خاک اره به روش شیمیایی با استفاده از فسفریک اسید و کلرید روی را در مقایسه با کربن فعال مرک و ذغال معمولی نشان می‌دهند. در مورد رنگزای دیسپرس نتیجه مطلوبی بدست نیامد که شاید بتوان علت آن را به ماهیت نسبتاً بی‌بار این مواد رنگزا و همچنین اندازه مولکولی آنها نسبت داد.

جدول ۳. مقایسه درصد رنگبری کربن فعال تهیه شده از خاک اره به روش شیمیایی با کربن فعال مرک و ذغال معمولی.

کربن فعال مرک	ذغال معمولی	درصد رنگبری کربن فعال تهیه شده از مواد فعال ساز			رنگزا
		فسفریک اسید ۸۵٪	فسفریک اسید ۱۰٪	کلرید روی ۱۰٪	
۹۴	۲۴	۹۱	۳۴	۲۶	رنگزای اسیدی
۹۹	۳۵	۹۶	۹۸	۴۲	رنگزای کاتیونی



نمودار ۱. رنگبری ماده رنگزای C. I. Acid green 20 با کربنهای مختلف. نمودار ۲. رنگبری ماده رنگزای C. I. Basic yellow 22 با کربنهای مختلف.

همانطوری که ملاحظه می‌شود نتایج در مورد کربنهای فعال تهیه شده با استفاده از کلرید روی برای دو رنگزای اسیدی و کاتیونیک چندان رضایت بخش نیست. اما با استفاده از فسفریک اسید مقدار رنگبری کربن فعال تهیه شده، افزایش یافته است که نشان دهنده قدرت فعال سازی بیشتر فسفریک اسید نسبت به کلرید روی می‌باشد. از طرفی با افزایش غلظت فسفریک اسید به ۸۵٪ مشاهده می‌گردد که قدرت فعال سازی بسیار بیشتر شده است به طوری که در مورد ماده رنگزای اسیدی قدرت رنگبری از ۳۴٪ به ۹۱٪ افزایش یافته است. البته

علت کمتر بودن میزان فعال سازی را شاید بتوان به احتمال پایین بودن دما و یا عدم انجام آزمایش در خلاء یا فشار پایین که به خروج بهتر و سریعتر مواد قطرانی و هیدروکربنهای سنگین تولیدشده در فرایند کربنیزاسیون کمک می کند نسبت داد.

جدول ۴. درصد رنگبری متیلن آبی توسط کربن فعال تهیه شده از سبوس برنج به روش شیمیایی نسبت به کربن فعال استاندارد (مرک).

عامل فعال ساز	کلرید روی ۱۰٪	فسفریک اسید ۱۰٪	سدیم کلرید ۱۰٪
در صد رنگبری نسبت به کربن فعال مرک (استاندارد)	۹۵	۹۶	۷۱

جدول (۴) نتایج حاصل از رنگبری متیلن آبی توسط کربن فعال تهیه شده از سبوس برنج به روش شیمیایی را نشان می دهد. آزمایشها نشان داده است که کربن فعال تهیه شده به این روش دارای قدرت جذب ۹۶ تا ۹۹ درصد کربن فعال استاندارد (مرک) نسبت به متیلن آبی می باشد. کلرید سدیم گرچه یک نمک آبیگیر ارزان قیمت است ولی توانایی فعال سازی بالایی برای تهیه کربن فعال نشان نمی دهد. جدول (۵) نتایج حاصل از رنگبری متیلن آبی توسط کربنهای فعال تهیه شده به روش گازی را نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، قدرت و ظرفیت رنگبری کربنهای فعال تهیه شده در آزمایشگاه در مقایسه با نمونه استاندارد دارای سرعت رنگبری خوب و در مورد پوست فندق حتی از قدرت و ظرفیت رنگبری بالاتری برخوردار بوده است بطوریکه هر ۰/۱ گرم کربن فعال تهیه شده قادر به بی رنگ کردن کامل ۶۵ میلی لیتر از محلول ۲۰۰ میلی گرم درلیتر متیلن آبی می باشد. ذغال معمولی نیز به دلیل داشتن سطح تماس محدود، قدرت جذب زیادی از خود نشان نمی دهد.

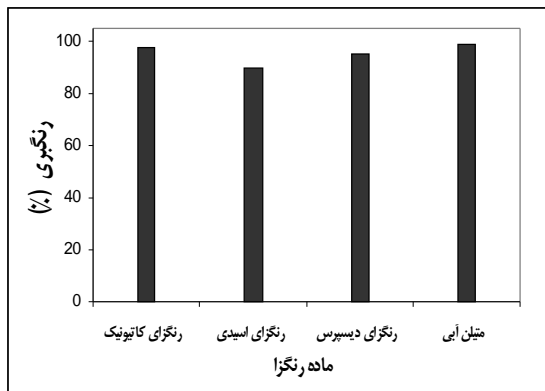
جدول ۵. درصد رنگبری متیلن آبی توسط کربنهای تهیه شده به روش گازی.

کربن استاندارد (مرک)	کربنهای فعال تهیه شده به روش گازی						
	ماده اولیه	پوست گردو	پوست پسته	پوست نارگیل	پوست فندق	سبوس برنج	ذغال معمولی
درصد رنگبری	۹۵/۸	۵۰/۱	۵۰/۳	>۹۹	۵۷/۲	۸۸/۵	>۹۹

قدرت رنگبری کربن فعال تهیه شده از پوست فندق در مورد سه رنگزای اسیدی، کاتیونیک و دیسپرس نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و با نتایج حاصل از ذغال معمولی و کربن فعال مرک مقایسه شد که در جدول (۶) و نمودارهای (۳) تا (۵) آمده است. همانطور که نتایج نشان می دهد کربن فعال تهیه شده در مورد رنگزای دیسپرس و متیلن آبی قدرت جذب بالاتری دارد. (لازم به تذکر است که عدد متیلن آبی به عنوان استاندارد ASTM برای تعیین قدرت رنگبری کربنهای فعال بکار می رود).

جدول ۶ نتایج حاصل از رنگبری کربن فعال تهیه شده از پوست فندق به روش گازی.

درصد رنگبری			ماده رنگزا
کربن فعال استاندارد (مرک)	کربن فعال تهیه شده از پوست فندق به روش گازی	ذغال معمولی	
۹۹	۹۸	۱۵	کاتیونیک
۹۹	۹۰	۱۲	اسیدی
۹۰	۹۵	۳	دیسپرس
۷۰	۹۹	۸	متیلن آبی



نمودار ۴. رنگبری مواد رنگزا بوسیله کربن فعال تهیه شده از پوست فندق به روش گازی.

نمودار ۳. رنگبری مواد رنگزا بوسیله کربن فعال مرک.



نمودار ۵. رنگبری مواد رنگزا بوسیله ذغال معمولی.

## نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، ضایعات سلولزی، بویژه خاک اره و پوست فندق قابلیت تبدیل به کربن فعال راداشته و می‌توانند به عنوان یک جاذب مناسب برای رنگبری پسابهای رنگین نساجی به کار گرفته شوند. کربن فعال تهیه شده از پوست فندق به روش گازی، قدرت جذبی قابل قبولی را نشان می‌دهد بطوری که در مورد متیلن آبی دارای قدرت جذب بیشتری نسبت به نمونه استاندارد می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود با تغییر و بهینه‌سازی شرایط می‌توان از سایر ضایعات سلولزی نیز کربن فعال با خواص جذبی مناسب به روشهای شیمیایی و گازی تهیه نمود.

## منابع

- 1- Hassler. J. W., "Purification with activated carbon", Chemical publishing Co, New York, 1974.
- 2- Shafey. E. E., Cox. M. , Pichugin. A. A. and Appleton. Q., "Application of a carbon sorbent for the removal of cadmium and other heavy metal ions from aqueous solution", Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 77, 429-436, 2002.
- 3- Othmer. K., "Encyclopedia of chemical technology", Vol. 4, 1978.
- 4- Bansode. R. R., Losso. J. N., Marshaal. W. E., Rao. R. M. and Portier. R. J., "Adsorption of metal ions by pecan shell-based granular activated carbons", Bioresource Technology, 89, 115-119, 2003.
- 5- Kannan. N. and Sundaram. M. M., "Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption on various carbons A comparative study", Dyes and Pigments, 51, 25-40, 2001.
- 6- McKay. G., "Adsorption of dyestuffs from aqueous solutions with activated carbon", Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 32, 759-772, 1982.
- 7- Reife. A. and Freeman. H. S., "Environmental chemistry of dyes and pigments", John Wiley & Sons, New York, 1996.
- 8- Austin. G. T. and Shreves. S., "Chemical process industries", Mc Graw Hill Company, 5<sup>th</sup> Ed., 1985.