



وزارت علم و تحقیقات و فناوری  
موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشاک

Available online @ [www.jscw.ierc.ac.ir](http://www.jscw.ierc.ac.ir)  
نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، جلد ۴ / بهار (۱۳۹۳) ۱۹-۱۱  
**Journal of Studies in Color World, Vol. 4/ spring (1393)/ 11-19**

مطالعات در دنیای رنگ  
Journal of Studies in Color World  
[www.jscw.ierc.ac.ir](http://www.jscw.ierc.ac.ir)

## مروری بر اهمیت و کاربرد انواع رنگدانه‌ها و مواد رنگزای مورد مصرف در صنایع کاغذسازی

رحیم ابراهیمی برسا<sup>۱\*</sup>، حسین رسالتی<sup>۲</sup>، رامین صبا زود خیز<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹

۲- استاد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، پردیس منابع طبیعی و علوم دریابی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۳۳

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۰ تاریخ بازبینی: ۹۲/۹/۲۳ تاریخ بازبینی: ۹۲/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۳۰ در دسترس بصورت الکترونیک: ۹۲/۱۱/۱۳

### چکیده

در ساخت کاغذ، به دلایل گوناگونی مثل افزایش جاذبه چشمی، ایجاد رنگ دلخواه و شناسایی تجاری، از مواد رنگزا و رنگدانه‌ها استفاده می‌شود. در مطالعه حاضر در مورد انواع مواد رنگزا و رنگدانه‌های کاغذسازی بحث می‌گردد. مواد رنگزا و رنگدانه‌ها به دو دلیل اصلی به کاغذ افزوده می‌شوند، اول: به منظور تولید یک کاغذ رنگی معین از قبیل آبی یا صورتی، دوم: برای بهبود ظاهر کاغذهای سفید. رنگ‌های مورد استفاده در کاغذسازی شامل: رنگدانه‌هایی، مواد رنگزای اسیدی، مواد رنگزای قلیایی، مواد رنگزای مستقیم و مواد رنگزا فلوروستنت می‌باشند. در میان مواد رنگزا و رنگدانه‌های مورد مصرف در صنایع کاغذسازی، مواد رنگزای مستقیم به دلیل تمایل زیاد به واکنش با سلولز بیشترین کاربرد را دارند. تمایل مواد رنگزای مستقیم برای واکنش با سلولز را به حلایلت کم این مواد می‌توان نسبت داد. مواد رنگزای فلوروستنت اغلب برای افزایش سفیدی به کاغذ افزوده می‌شوند. در این مقاله همچنین روش‌های رنگ‌آمیزی کاغذ و عوامل موثر بر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. دو روش برای رنگ‌آمیزی کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش اول: رنگ‌آمیزی خمیر و روش دوم: رنگ‌آمیزی سطحی کاغذ، که به صورت جداگانه صورت می‌گیرد. با استفاده از مواد رنگزا و رنگدانه‌ها در کاغذسازی، خواص نوری ورقه کاغذ که شامل درخشندگی، سفیدی و ضریب پراکنش نور به مقدار زیادی بهبود می‌یابند.

### واژه‌های کلیدی

رنگدانه‌ها، مواد رنگزا، کاغذسازی، مواد رنگزای مستقیم، سفیدی کاغذ.



\*Corresponding author: Ebrahimmirahim56@gmail.com  
A overview of the importance and application of pigments and dyes used in paper industry, R. Ebrahimi-Barisa, H. Resalati, R. Sabazoodkhiz

## ۱- مقدمه

صنعت کاغذسازی همانند بسیاری از صنایع دیگر از اهمیت قابل توجهی برخوردار است به طوری که می‌تواند در تنوع فرآورده‌های کاغذی حائز اهمیت باشد. مواد رنگرا در کاغذ و مقوا به منظور شناسایی، جلب توجه و تأکید بر خصوصیات برجسته به کار می‌رود. محصولاتی نظری دستمال کاغذی، کاغذهای حوله‌ای و انواع کاغذ دیواری را روند افزایشی در حال رنگی‌شدن هستند. سربرگ‌های رنگی نیز بسیار رایج شده‌اند. رنگین‌کننده در کاغذهای مخصوص نیز کاربرد وسیعی دارند، مثلًاً با افزودن درصد کمی الیاف کاملاً رنگ شده به خمیر کاغذسازی، کاغذهای سایه‌دار یا مهآلود حاصل می‌شوند [۳].

در ساخت کاغذ، به دلایل گوناگونی مثل افزایش جاذبه چشمی، ایجاد رنگ دلخواه و شناسایی تجاری، از مواد رنگرا و رنگدانه‌ها استفاده می‌شود. انتخاب ماده رنگرا و رنگدانه‌ها به عوامل متعددی مانند مصرف نهایی کاغذ، خواص فیزیکی، شیمیایی و خواص لمسی کاغذ بستگی دارد. رنگ‌کردن کاغذ برای رسیدن به یکی از اهداف کلی زیر انجام می‌شود [۳، ۴].

- تولید کاغذ با رنگ یا سایه رنگی معین

- تولید کاغذ با شدت سفیدی معین

- مخفی‌کردن و پوشاندن بعضی از خواص نامطلوب کاغذ رسیدن به یک یا هر سه این اهداف کار آسانی نیست. بسیاری از متغیرهای فرآیندی بر روی مواد رنگرا اثر می‌گذراند و شناخت خواص ویژه مواد رنگزای به کار رفته در خمیر کاغذ نیز بسیار مهم است. اثر متقابل و نامطلوب مواد رنگرا بر دیگر افزودنی‌ها به ویژه از طریق بار نیز مهم است. واکنش متقابل بیشتر مواد رنگرا با مواد موجود در خمیر کاغذسازی به طور عمده از طریق سازوکار ساده تبادل یونی انجام می‌گیرد [۴].

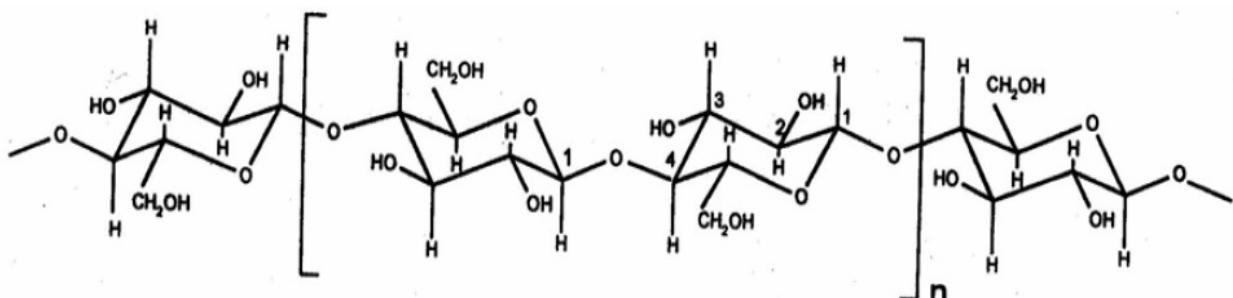
اهمیت کاغذ و فرآورده‌های کاغذی در زندگی نوین بر همگان آشکار است، به طوری که هیچ فرآورده صنعتی دیگر همانند کاغذ چنین نقش بر جسته‌ای را در زندگی انسان ندارد. کاغذ وسیله خوبی برای ثبت و ذخیره سازی اطلاعات است و عملًا همه مطالب روی آن نوشته شده و چاپ می‌شود. کاغذ یک کالای اساسی بوده و نقش حیاتی در توسعه فرهنگی جامعه دارد، به طوری که در فرآیند ارتباطات هنوز نقش کلیدی را ایفا کرده و در آینده نیز از جایگاه مهمی برخوردار خواهد بود.

فرآورده‌های کاغذی به صورت‌های مختلفی ساخته می‌شوند و این تنوع ساخت، امکان رقابت‌پذیری کاغذ را در مقایسه با سایر فرآورده‌های مشابه حفظ نموده و از این طریق می‌تواند در رابطه با کاربرد وسیع خود پاسخ‌گو باشد [۱].

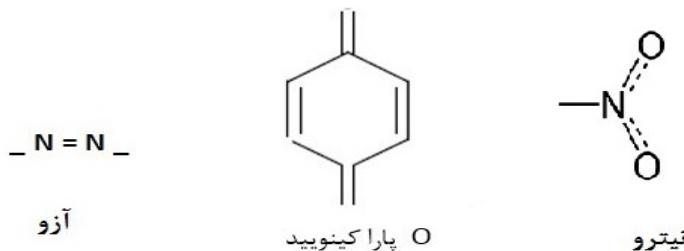
کاغذ و مقوا، فرآورده‌ای متشکل از الیاف سلولزی هستند. خواص کاربردی این محصولات بستگی زیادی با الیاف تشکیل دهنده آن‌ها دارد. سلولز یک هوموپلی‌ساکارید تشکیل شده از واحدهای D-β-گلوکوپیرانوز است و مولکول‌های آن کاملاً خطی هستند. سلولز تمایل شدیدی به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی دارد (شکل ۱). تاریخچه مواد رنگرا و رنگدانه‌ها به اولین روزهای تاریخ تمدن بر می‌گردد. در آن زمان مواد رنگی طبیعی مستخرج از گیاهان برای رنگ‌کردن پارچه به کار می‌رفت. صنعت مواد رنگزای سنتزی به سال ۱۸۵۶ بر می‌گردد. در آن زمان ویلیام هنری پرکین<sup>۱</sup> هنگام کار تحقیقاتی برای تسهیل تولید کینین‌ها به طور تصادفی یک ماده رنگی ارگوانی را تولید کرد [۳].

امروزه ما در جهانی زندگی می‌کنیم که رنگ اهمیت فوق العاده‌ای در آن دارد. ممکن است به نظر بررسد که همیشه اوضاع این چنین بوده است، اما کافی است تنها به چند سال قبل برگردیم تا دریابیم که استفاده این چنین وسیعی از رنگ، یک پدیده کاملاً جدید است. مواد رنگزا در

<sup>۱</sup> William Henry Perkin



شکل ۱- ساختار سلولز [۲].



شکل ۲- بعضی از مهم‌ترین گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ترکیبات آلی.

داده شده است. تغییرات خاصی که در منحنی های بازتاب طیفی مشاهده می شود، به خاطر جذب انتخابی نور توسط رنگ های ویژه مورد استفاده می باشد. مثلاً جذب انتخابی رنگ قرمز، در ورقه قرمز رنگ که منحنی بازتاب طیفی آن در شکل ۳ نشان داده شده است، در ناحیه طول موج ۵۵۰ nm تا ۷۰۰ nm طیف صفر است. در این ناحیه انعکاس ورقه های رنگ شده و رنگ نشده، مشابه یکدیگر است به هر حال در طول موج های پایین تر از ۶۴۰ nm جذب توسط رنگ قرمز به شدت افزایش می یابد، و این روند تا حدود ۵۵۰ nm که جذب در آن به میزان حداکثر می رسد افزایش می یابد. بنابراین مواد رنگزا و رنگدانه ها با جذب تمام نور تابیده شده به غیر از طول موج های خاصی بسته به رنگی که دارند کاغذ را رنگی می کنند [۳]. رنگین کننده هایی که این گونه رفتار می کنند را کاهنده<sup>۱</sup> می نامند. اگر سه فیلتر به رنگ های قرمز، فیروزه ای و زرد، در مقابل یک منبع نور سفید قرار گیرند در قسمتی که سه فیلتر بر هم منطبق شده اند، هیچ نوری عبور داده نمی شود. این پدیده مهمی است، زیرا اساس کار کاغذساز برای تولید کاغذ های رنگی با استفاده از مواد رنگزا و رنگدانه ها به این صورت می باشد. برای ساخت یک ورقه زرد رنگ از الیاف تقریباً سفید رنگ استفاده می شود. رنگ زرد نور آبی را جذب می کند و تنها قسمت های سبز و قرمز طیف مرئی توسط خمیر کاغذ رنگ شده منعکس می شود. از آنجا که نور قرمز و سبز، رنگ زرد را به وجود م م آورند، ورقه رنگ شده زرد به نظر می سد [۵,۶].

برای اینکه یک ملکول آلی، به صورت رنگی به نظر آید، باید در ساختار خود دارای گروههای رنگساز<sup>۱</sup> یا دارای شبکه گستردگی از پیوندهای ساده و دوگانه مزدوج<sup>۲</sup> باشد. نمونهایی از گروههای رنگساز در شکل ۲ نشان داده شده است. گروههای رنگساز اسیدی یا بازی از طریق جاذبهای یونی و پیوند هیدروژنی موجب اتصال مواد رنگزا به الیاف کاغذسازی می‌شوند. تعدادی از گروههای اسیدی و بازی در ادامه مشخص شده‌اند.

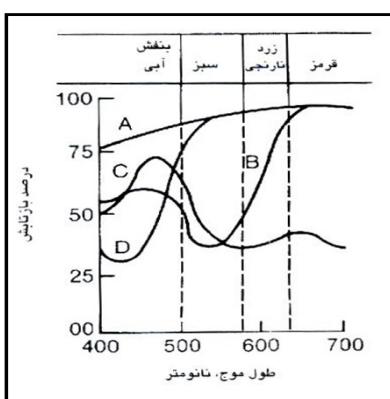
گروههای رنگ‌ساز بازی  
گروههای رنگ‌ساز اسیدی

-NH <sub>2</sub>	-NHR	-NR <sub>2</sub>
-CO <sub>2</sub> H	-SO <sub>2</sub> H	-OH

پس از تصمیم‌گیری درباره رنگ کردن کاغذ، مهم‌ترین موضوع انتخاب مواد رنگزای مناسب است. در مورد رنگ کردن کاغذ، نوع الیاف مصرفي و مصرف نهایی کاغذ نیز باید در نظر گرفته شود. برای مثال تولید کاغذ رنگی با الیاف خمیر مکانیکی به وسیله مواد رنگرای بازی<sup>۳</sup> کار بیهوده‌ای است. اگر چه عمق فام سایه<sup>۴</sup> و روشنی بسیار خوبی حاصل می‌شود، ولی مواد رنگزا کاغذ به سرعت از بین می‌رود و خود کاغذ نیز دوره مصرف طولانی نخواهد

## ۲- کاربرد رنگدانه و مواد رنگزا در صنعت کاغذ

مواد رنگزا و رنگدانه‌ها برای رنگی کردن کاغذ یا بهبود ظاهري به کاغذ افزوده می‌شوند. اغلب کسانی که تازه وارد صنعت کاغذ می‌شوند، هنگامی که می‌بینند به کاغذ سفید، رنگ قرمز یا آبی اضافه می‌شود، شگفتزده می‌شوند. علت انجام این اقدام آن است که الیاف کاغذسازی حتی وقتی رنگبری شده‌اند، مقدار کمی رنگ زرد دارند که به کاغذ ظاهر نامطلوبی می‌دهد. فام زرد باعث می‌شود که کاغذ از قسمت بنفس طیف مرئی، در مقابله با بخش قرمز طیف رنگ، نور بیشتری جذب کند. برای تصحیح یا بهبود این فام زرد، ته رنگ‌های آبی-بنفش یا آبی مایل به قرمز به خمیر کاغذسازی افزوده می‌شود. این ته رنگ به ورقه کمی حالت آبی-خاکستری داده در نتیجه سبب می‌گردد رنگ زرد آن کمتر شده و سفیدتر به نظر برسد. به جز رنگ‌های فلورسنت، مواد رنگزا و رنگدانه‌ها هنگامی که به یک بسته اضافه می‌شوند موجب کاهش بازتاب کلی آن خواهند شد. منحنی بازتاب طیفی خمیر کاغذ سولفیت سفید شده بی‌رنگ و خمیر کاغذهای مشابه که به صورت جداگانه با رنگ‌های قرمز، آبی، زرد، رنگ آمریزی، شده‌اند در شکل ۳ نشان



شکل ۳- نمونه‌ای از منحنی‌های بازتابش طیفی برای خمیرکاغذ رنگ شده و رنگ نشده. (A) خمیر کاغذ سولفیت رنگ بری نشده، (B) افزایش رنگ قرمز، (C) افزایش رنگ آب، (D) افزایش رنگ داکل.

1 Chromophor

## <sup>2</sup> Chromophor <sup>2</sup> Conjugated double

### <sup>3</sup> Basic dye

#### <sup>4</sup> Depth of shade

عدم تمایل به واکنش مستقیم با الیاف، موجب دو رویه شدن کاغذ و خاصیت سنتری می‌باشدند. شدت کم رنگدانه‌ها به این معنی است که برای رسیدن به مواد رنگزای پر رنگتر، مصرف مقدار زیادی از رنگدانه‌ها ضروری است. این موضوع موجب کاهش خواص مقاومتی ورق کاغذ می‌شود. فقدان میل ترکیبی با الیاف چوبی در صورت عدم استفاده از مواد کمک نگهدارنده موجب ماندگاری ضعیف این مواد رنگرا می‌شود. اغلب از آلوم (سولفات آلومینیم) به عنوان کمک نگهدارنده این رنگ‌ها در کاغذسازی استفاده می‌شود، اما می‌توان از مواد افزاینده ماندگاری پرکننده‌ها نیز برای این منظور استفاده کرد. وقتی آلوم مصرف می‌شود ضروری است که pH سوپاپسون کمتر از پنج باشد تا آلوم به یک ماده فعال برای ماندگاری تبدیل شود. این مواد رنگرا برای رنگ کردن کاغذهای مخصوص یا رنگی کردن پوشش‌ها مصرف می‌شوند [۴, ۷, ۸].

### ۳-۲- مواد رنگزای اسیدی

مواد رنگزای اسیدی نامی است که برای گروه بزرگی از مواد رنگزای مورد مصرف برای نایلون و پشم به کار می‌رود. یک یا دو زیر گروه از این نوع مواد رنگرا در کاغذسازی نیز کاربرد دارند. مواد رنگزای اسیدی همگی نمک‌های محلول در آب اسیدهای آلی آروماتیکی (اغلب نمک سدیم و یا پتاسیم) هستند که در این آب یونیزه می‌شوند و آئیون‌های رنگی ایجاد می‌کنند.

### ۳- مواد رنگزای مورد استفاده در کاغذسازی

کاغذسازان مواد رنگزای مورد استفاده در کاغذسازی را به پنج دسته رنگدانه‌ها، مواد رنگزای اسیدی<sup>۱</sup>، مواد رنگزای قلیایی<sup>۲</sup>، مواد رنگزای مستقیم<sup>۳</sup>، مواد رنگزای فلورسنت<sup>۴</sup> تقسیم‌بندی می‌کنند.

این تقسیم‌بندی بر اساس خواص فیزیکی، شیمیایی، شدت، تمایل به واکنش با الیاف کاغذسازی، دامنه pH موثر و حلایت می‌باشد. هریک از مواد رنگی مزایا و معایبی داردند. به هر حال مواد رنگزای مستقیم محلول در آب، بیشترین و رایج‌ترین مواد رنگزای مورد استفاده در صنایع کاغذ محسوب می‌شوند [۷]. رنگدانه‌ها بیشتر برای رنگ‌کردن الیاف استفاده می‌شوند، اما در آماده‌سازی پوشش‌های رنگی نیز کاربردهایی دارند.

### ۳- رنگدانه‌ها

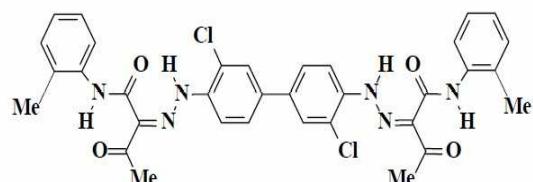
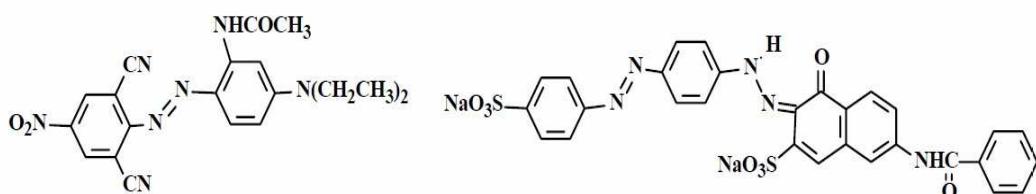
رنگدانه‌ها در سه گروه، رنگدانه‌های طبیعی غیریونی، رنگدانه‌های غیرآلی سنتری و رنگدانه‌های آلی سنتری قرار می‌گیرند. گروه سوم بیشترین اهمیت را در صنایع خمیر و کاغذ دارند. در بخش مواد پوشش‌دهی رنگدانه‌های نسبت به مواد رنگرا برتری دارند، زیرا هنگام پوشش‌دهی همراه آب به داخل ورق کاغذ نفوذ می‌کنند. در شکل ۴ نمونه‌ای از ساختار رنگدانه‌ها و مواد رنگزای آزو نشان داده شده است. خواص مهم رنگدانه‌های شامل: ثبات رنگ بسیار زیاد، شدت رنگ کم و سایه روشن،

<sup>1</sup> Acid dye

<sup>2</sup> Basic dye

<sup>3</sup> Dirt dye

<sup>4</sup> Fluorescent



شکل ۴- نمونه‌هایی از رنگدانه‌ها و مواد رنگزای آزو مورد استفاده در صنعت کاغذسازی [۸].

مقاله

این مواد رنگزا در آب اسیدی حل می‌شوند و دلیل استفاده از اسید استیک برای تولید محلول‌های غلیظ این مواد رنگزا به خاطر همین موضوع است. فقط یک گروه از مواد رنگزای قلیایی در صنایع کاغذ به کار می‌روند. مواد رنگزای این گروه تا حد زیادی در متیل، اتیل الکل‌های ایزوپروپیل یا هر ماده‌ای که دارای خواص مشابهی باشد، به ویژه روغن‌ها و موهمها حل می‌شوند. از خواص مواد رنگزای قلیایی می‌توان به ماهیت قلیایی، عدم تمایل به واکنش با سلولز، روش‌تر از همه رنگزاهای تمایل شدید به واکنش با مواد اسیدی مانند لیگنین و رنگ‌آمیزی گزینشی بعضی از الیاف به وسیله این مواد رنگزا اشاره کرد.<sup>[۴، ۱۲]</sup>

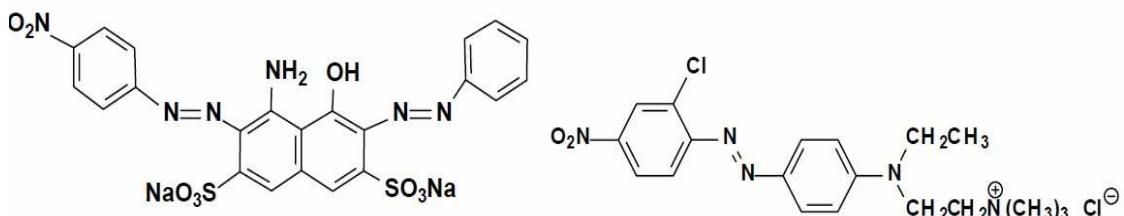
### ۴-۳- مواد رنگزای مستقیم

مواد رنگزای مستقیم از نظر شیمیابی شبیه مواد رنگزای اسیدی هستند. از نظر شیمیابی این مواد رنگزا شبیه مواد رنگزای اسیدی هستند. دلیل اینکه به عنوان مواد رنگزای مستقیم شناخته می‌شوند، این است که تمايل زیادی به واکنش با سلولون دارند.

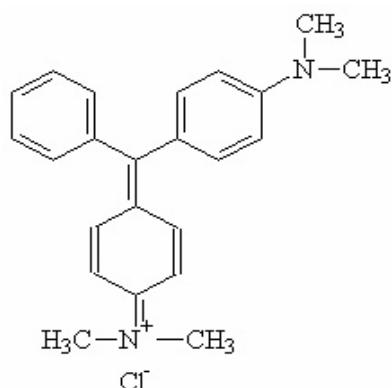
ساختر مواد رنگزای اسیدی در شکل ۵ نشان داده شده است. مواد رنگزای اسیدی شبیه مواد رنگزای مستقیم هستند. مواد رنگزای اسیدی نسبت به مواد رنگزای مستقیم حاوی گروههای اسیدی بیشتری هستند، به همین دلیل حلالیت آن‌ها در آب در مقایسه با مواد رنگزای مستقیم بسیار زیاد است. از خواص رزدانه‌ها می‌توان به قابلیت حل شدن زیاد در آب، تشكیل محلول کمی خنثی یا اسیدی، شدت مواد رنگزای متوسط خوب، تمایل کم برای واکنش با الیاف، موجب دو رویه بودن کاغذ، حساس به گرما و مناسب بودن آن‌ها برای بخش اتو زنی ماشین کاغذ اشاره کرد [۴، ۱۰].

۳-۳- مواد رنگزای قلپاچی

مواد رنگاری قلیایی نمک بازهای رنگی (کلریدها، هیدروکلریدها، سولفات‌ها، اگزالات‌ها) هستند. شکل ۶ ساختار شیمیایی یک مواد رنگاری قلیایی را نشان می‌دهد.



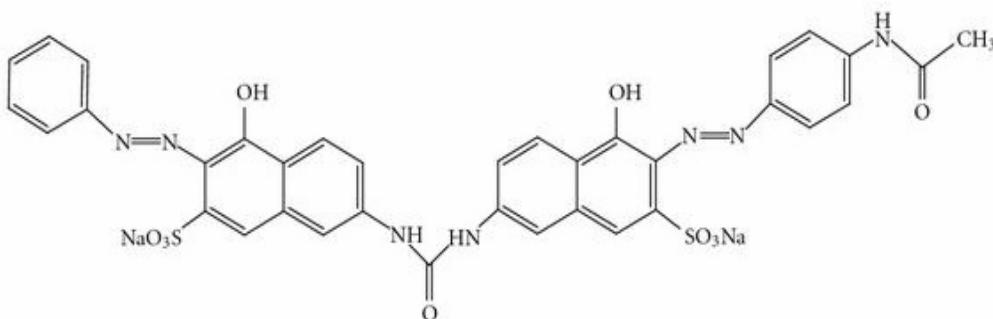
شکل ۵- نوعی از مواد رنگزای اسیدی [۹].



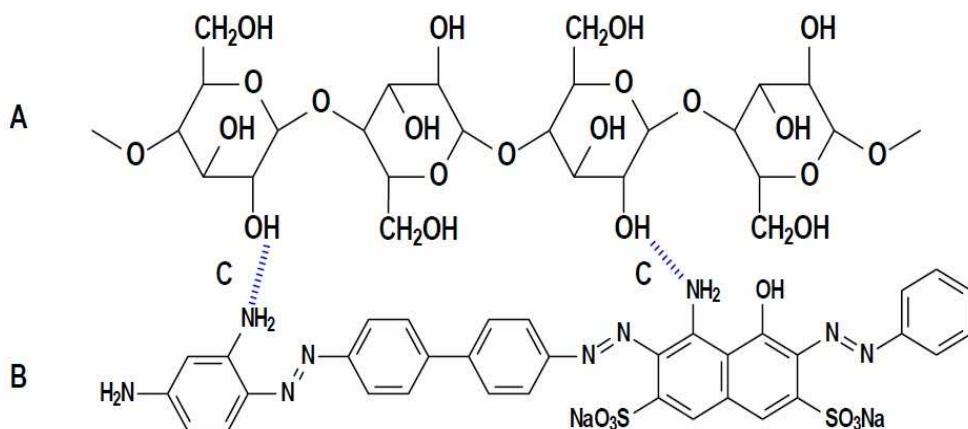
شکل ۶- نوعی از مواد رنگزای قلیایی، مورد مصرف در صنعت کاغذ را نشان می‌دهد [۱۰، ۱۱].

سلولز کاغذ نشان داده شده است [۱۳، ۱۲، ۴]. مواد رنگزای مستقیم به صورت آئیونی و کاتیونی استفاده می‌شوند. در حالت کاتیونی، این مواد رنگرا شکل ساختاری ملکول مواد رنگزای مستقیم اسیدی را حفظ می‌کنند، ولی گروه‌های کاتیونی وارد ساختار این مواد رنگرا می‌شوند تا تمایل واکنش آن‌ها با سلولز افزایش یابد. این مواد رنگرا به حالت مایع و پودر عرضه می‌شوند. بعضی از خواص مواد رنگزای مستقیم شامل: تمایل زیادی به واکنش با سلولز، ثبات مواد رنگزای زیاد، شدت مواد رنگزای متوسط و قابل کاربرد در دامنه وسیعی از pH می‌باشند [۴].

شکل ۷ نوعی از مواد رنگزای مستقیم را نشان می‌دهد [۴]. از یک نظر می‌توان تمایل مواد رنگزای مستقیم برای واکنش با سلولز را به حلایت کم این مواد و ایجاد پیوند هیدروژنی نسبت داد [۴]. در واقع محلول‌های آبی این رنگ‌ها به جای حالت محلول کامل اغلب حالت کلوویدی دارند. حتی محلول بعضی از مواد رنگزای مستقیم در صورتی که محلول آن‌ها به حالت ساکن نگهداری شوند، به ژل تبدیل می‌شوند. تقسیم بندی مواد رنگزای اسیدی و مستقیم اغلب حالت بینایی‌نی دارد و بیشتر این مواد رنگرا همپوشانی دارند. وقتی تمایل یک مواد رنگرا به سلولز بیشتر از تمایل متوسط مواد رنگزای اسیدی و کمتر از تمایل مواد رنگزای مستقیم باشد، جز مواد رنگزای اسیدی طبقه‌بندی می‌شود. در شکل ۸ ساختار پیوند مواد رنگزای مستقیم با الیاف



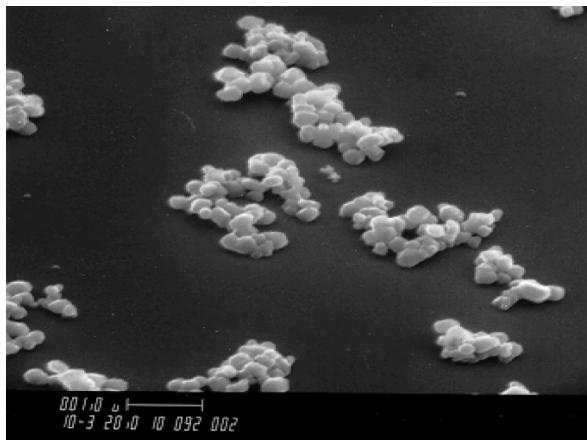
شکل ۷- نوعی از مواد رنگزای مستقیم قابل استفاده در صنعت کاغذ [۹-۱۱].



شکل ۸- پیوند الیاف سلولز با یک مواد رنگزای مستقیم، (A) الیاف سلولز، (B) مواد رنگزای مستقیم [۱۳، ۱۲].

# مقاله

- عوامل سفید کننده نوری<sup>۴</sup>
- عوامل رنگ بری فلورسنت<sup>۵</sup>
- عوامل روشن کننده فلورسنت<sup>۶</sup>
- عوامل سفید کننده فلورسنت<sup>۷</sup>



شکل ۱۰- ذرات دی اکسید تیتانیم مورد استفاده در صنعت کاغذ [۱۱].

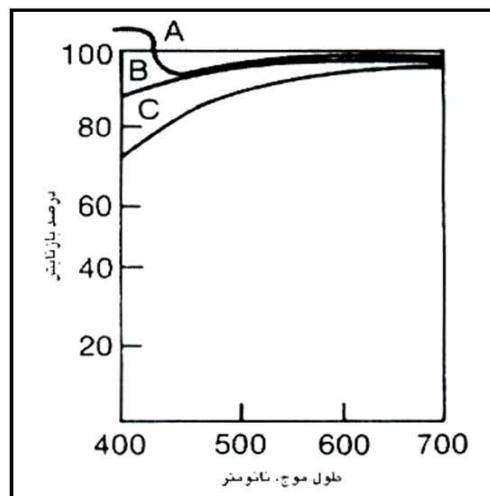
## ۴- روش‌های رنگ آمیزی کاغذ

دو روش برای رنگ آمیزی کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد، رنگ آمیزی خمیر کاغذ و رنگ آمیزی سطحی کاغذ که به صورت جداگانه صورت می‌گیرد. تفاوت بنیادی این دو روش آن است که الیاف قبل یا بعد از شکل‌گیری ورقه کاغذ رنگ می‌شوند. اگرچه تلفیقی از هر دو روش نیز مورد استفاده هستند. اکثراً کاغذ در حالت خمیر رنگ آمیزی می‌شود. رنگ‌ها یا به طور ناپیوسته به خمیرساز اضافه می‌شوند و یا به طور پیوسته و مداوم به حالت محلول وارد دو غاب خمیر کاغذ در جعبه تغذیه (هدباکس) می‌شوند.

رنگ آمیزی سطحی کاغذ، شامل تمام روش‌هایی است که محلول‌های رنگ را به سطح یک ورقه خشک شده کاغذ یا مقوا می‌مالند. این کار را می‌توان با افزودن رنگ به محلول آهار و به کار بردن آن در پرس آهاردهی یا به صورت درون ماشینی و یا به صورت برون ماشینی انجام داد. این عمل همچنین به واسطه مجموعه‌ای از غلتک‌ها در یک محلول آبی انجام می‌شود که این فرآیند را رنگ آمیزی با غلتک می‌نامند. علاوه بر این دو روش ذکر شده، رنگ را می‌توان با مالیدن یک پوشش رنگی به ورقه افزود یا می‌توان لایه‌ای از مرکب رنگی را بر روی ورقه، چاپ نمود. اخیراً علاقه به زدن رنگ به سطح ورقه در درون ماشین مجددأ احیا شده است، زیرا با این روش، مسئله پساب رنگی بسیار کاهش یافته و در نتیجه اثرات زیست محیطی آن نیز کمتر خواهد بود [۳].

## ۳-۵- مواد رنگزای فلورسنت

این مواد رنگزای به مواد رنگزای سفید کننده کاغذ و یا روشن کننده نوری معروف‌اند و برای روشن‌تر کردن مواد رنگزای کاغذهای سفید به کار می‌روند (شکل ۹). این مواد وقتی در کاغذهای به شدت رنگ‌بری شده استفاده می‌شوند، بسیار کارآمد و موثرند و وقتی برای کاغذهای سفید نشده و کاغذهای حاصل از خمیر کاغذهای آسیاب شده به کار می‌روند، موثر نیستند. مواد رنگزای فلورسنت، نور را در ناحیه طول موج فرابنفش (زیر ۳۷۰ nm) جذب کرده و آن را به صورت نور مرئی در دامنه رنگ آبی (حداکثر طول موج نور آبی ۴۵۳ nm) منتشر می‌کنند. بدین ترتیب با ایجاد اثر فلورسنت، رنگ سفید روشنی تولید می‌شود و مانع ظاهر شدن زردی خمیر کاغذ سفید شده می‌شود. هر ماده‌ای که نور فرابنفش را جذب کند، موجب کاهش کارایی مواد رنگزای فلورسنت می‌شود، برای مثال، لیگنین نور فرابنفش را جذب می‌کند و افزایش مقدار لیگنین در خمیر کاغذ موجب کاهش کارایی عامل روشن کننده می‌شود. بنابراین خمیر کاغذهای چوب آسیاب شده و خمیر کاغذهای سفید نشده موجب تداخل در کارایی مواد رنگزای فلورسنت می‌شوند [۴، ۱۴، ۱۵].



شکل ۹- منحنی بازتابش طیفی، (A) یک کاغذ اورق بهادر حاوی مواد رنگزای فلورسنت، (B) خمیر لیستر پنبه، (C) خمیر کاغذ کاج جنوبی کاملاً رنگ بری شده [۳].

دی اکسید تیتانیم هم نور فرابنفش و هم خاصیت فلورسنت را جذب می‌کند که باعث کاهش اثر مواد رنگزای سفید کننده می‌شود (شکل ۱۰). پرکننده‌ای مانند کربنات کلسیم و هیدروکسید الومینیم موجب انعکاس نور فرابنفش می‌شوند، بنابراین اثر مواد رنگزا را افزایش می‌دهند [۴]. همچنین pH بالا (بیشتر از ۵/۵) موجب حداکثر سفیدی<sup>۱</sup> می‌شود. انواع روشن کننده‌های فلورسنت در ادامه بیان شده‌اند:

- عوامل رنگ بری نوری<sup>۲</sup>
- عوامل روشن کننده نوری<sup>۳</sup>

<sup>3</sup> Optical Brightening Agents

<sup>4</sup> Optical Whitening Agents

<sup>5</sup> Fluorescent Bleaching Agents

<sup>6</sup> Fluorescent Brightening Agents

<sup>7</sup> Fluorescent Whitening Agents

<sup>1</sup> Whiteness  
<sup>2</sup> Optical Bleaching Agents

CIE با استفاده از سه مختصات رنگی برای هر رنگ به نام مقادیر جلوه نوری، رنگ را ارزیابی می‌کند. روش<sup>a,b</sup>، ۱ نیز مشتق شده از روش CIE می‌باشد [۳]. پشت پوشی کاغذ (ماتی) را می‌توان به عنوان توانایی در پنهان کردن نوشتۀ‌های پشت کاغذ بیان کرد. برای آنکه نوشه و مطالب چاپ شده در یک طرف کاغذ خوانده شود و بیشتر ماتی برای کاغذ ضروری است. یکی از ابزارهای دریافت کننده تصویر، پویشگر می‌باشد. حسگرهای دستگاه چفت‌کننده بار در پویشگرهای رنگی، تنها مقدار روشنایی برخورد کرده را می‌توانند اندازه‌گیری کنند و عمل انتقال این تصویر به فضای رنگی RGB، توسط سه ردیف حسگر انجام می‌گیرد که هر یک از این حسگرهای توسط یکی از فیلترهای رنگی قرمز، سبز و آبی پوشیده شده‌اند [۲۲-۲۳]. از جمله ابزارهای دیگر برای اندازه‌گیری مشخصات رنگی، طیف انعکاسی و میزان ماتی کاغذ، دستگاه طیفسننجی<sup>۴</sup> انعکاسی می‌باشد.

## ۷- نتیجه‌گیری

استفاده از مواد رنگرا و رنگدانه‌ها در صنعت کاغذ اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و در آینده نیز بر اهمیت آن افزوده خواهد شد. رنگ‌ها در کاغذ باعث بهبود خواص نوری خواهند شد و خواصی همچون درخشندگی و ضربه پراکنش نور را بهبود می‌بخشنند. درخشندگی یکی از پارامترهایی است که برای کاغذهای چاپ و تحریر از اهمیت به سزاوی برخوردار است. درخشندگی و سفیدی کاغذ به وسیله رنگ‌ها به خصوص مواد رنگزای فلوروستت تا حد زیادی بهبود و افزایش می‌یابد. همچنین با استفاده از مواد رنگزای و رنگدانه‌ها می‌توان انواع کاغذها را با مواد رنگزای مختلف تولید کرد. در بین مواد رنگزای مورد مصرف در کاغذسازی، مواد رنگزای مستقیم بیشترین کاربرد را دارند. علت استفاده فراوان از مواد رنگزای مستقیم به دلیل ایجاد پیوند عالی این مواد رنگرا با الیاف کاغذسازی می‌باشد. مواد رنگرا جزء افزودنی‌های مهم در بسیاری از انواع کاغذها محسوب می‌شوند. از آنجا که مواد رنگرا و رنگدانه‌ها به بسیاری از عوامل خمیرکاغذ و فرآیند کاغذسازی حساس‌اند، کاغذسازان باید شرایط مورد نیاز برای رسیدن به کارایی رضایت بخش مواد رنگزای مصرف شده را بشناسند. نکته مهم دیگر این است که مواد رنگزا ممکن است بر روی دیگر افزودنی‌ها به ویژه از راه واکنش تبادل یونی اثر متقابل داشته باشند و کاغذسازان باید به ترتیب افزودن و نقطه اضافه کردن افزودنی‌ها مختلف و مواد رنگزایی که اثر متقابل بر یکدیگر دارند، توجه کافی داشته باشند. کانی‌های رس با ساختار سیلیکات آلومینیم بلوری در محصولات مختلف از جمله نانو کامپوزیت‌ها، مواد ساختمانی، سرامیک‌ها، پوشش‌های کاغذ، مواد دارویی، مواد جاذب سطحی، مبدل‌های یونی و کاتالیزورها به طور گسترده استفاده می‌شوند با توجه به اینکه خاک رس به مقدار بسیار زیادی به عنوان پرکننده در کاغذسازی مصرف می‌شود می‌توان از رنگدانه‌های جاذب امواج مغناطیسی با استفاده از فرآیندهای تبادل یون و اکسید آلومینیم در لایه‌های رس برای رنگ کردن کاغذ استفاده کرد.

<sup>4</sup> Spectroscopy

## ۵- عوامل موثر بر رنگ آمیزی کاغذ

عوامل متعددی بر رنگ آمیزی کاغذ تاثیر دارند که در زیر به بعضی از آن‌ها اشاره شده است [۱۶-۱۸].

- اثر پالایش خمیرکاغذ: افزایش شدت پالایش عمق سایه‌های به دست آمده را در یک مقدار معین مواد رنگی افزایش می‌دهد.

- اثر پرکننده‌ها: با افزایش مصرف پرکننده عمق سایه مواد رنگرا کاهش می‌یابد (۵٪ تغییر در مقدار پرکننده ورق کاغذ، باعث ۱۰٪ تغییر در عمق سایه خواهد شد).

- روش‌های کنترل رنگ آمیزی: سیستم رنگ آمیزی پیوسته موثرتر از سیستم ناپیوسته است

- تغییرات نوع خمیرکاغذ و آماده‌سازی آن: استفاده از خمیر بازیافتی به دلیل وجود مواد زائد موجب تغییراتی در سایه رنگ می‌شود.

- روش صحیح افزودن مواد رنگرا: مواد رنگرا بایستی در خمیرساز یا هدباکس به خمیرکاغذ افزوده و به خوبی هم زده شوند.

- کاربرد مواد رنگزای اسیدی: برای ماندگاری بهتر این مواد رنگرا باستی در محیط اسیدی استفاده شوند و از آلوم به عنوان تشییع کننده آن‌ها استفاده شود.

- دوام مواد رنگزا در کاغذ تر: کاغذهایی بهداشتی<sup>۱</sup> دوام مواد رنگزای کاغذ در حالت تر مهم است.

- اثر مواد شیمیایی مزاحم: گاهی یک ماده شیمیایی باقی مانده در سیستم کاغذسازی روی عمق سایه تاثیر می‌گذارد.

- توالی افزودن: به دلیل واکنش مواد شیمیایی مواد با یکدیگر بایستی توالی افزودن به طور صحیح انتخاب شود.

- مدت رنگ آمیزی: زمان کل رنگ آمیزی بایستی با توجه به زمان نفوذ مواد رنگی با کمترین مقدار نفوذ تنظیم شود.

- چندگونگی رنگ: بهترین روش کاهش چند گونگی رنگ انتخاب مواد رنگی است که کمتر از دیگر رنگ‌ها به تغییر نور حساس هستند.

- مانده‌گاری مواد رنگرا: مانده‌گاری مواد رنگرا به مقدار زیادی به مانده‌گاری نرم‌های و پرکننده‌ها بستگی دارد.

## ۶- ارزیابی مواد رنگزا در کاغذ

در صنعت کاغذ غالب از مواد رنگزا با واژه سایه یا ته رنگ یاد می‌شود. ته مواد رنگزا یا سایه‌ها بر اساس سه رنگ اصلی قرمز، زرد و آبی تعریف می‌شوند. مثلاً سایه آبی می‌تواند قرمزتر یا سبزتر از یک سایه آبی دیگر تعریف شود و یا می‌تواند تیره‌تر یا روشن‌تر هم باشد. قدرت رنگ، به عمق سایه اشارة دارد و برای تشخیص یک سایه روشن از یک سایه تیره‌تر یا عمیق‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌هایی که برای توصیف مواد رنگزا به کار می‌روند شامل: سیستم مانسل<sup>۲</sup>، سیستم<sup>۳</sup> و کاوشگر مقیاس<sup>b,c</sup> می‌باشند. سیستم مانسل با استفاده از نمونه‌های رنگی و قیاس چشمی رنگ را ارزیابی می‌کند. این روش برای صنعت کاغذ مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. سیستم

<sup>1</sup> Tissue

<sup>2</sup> Mansl system

<sup>3</sup> Commission international de L'Eclairage

# مقاله

-۸

۱. س. ا. میرشکرایی، "تکنولوژی خمیر کاغذ"، آیش، تهران، ویرایش دوم، ص. ۵۰۳، ۱۳۸۲.
۲. J. S. Han, J. S. Rowell, "Chemical composition of fibers", CRC Lewis Publisher, Boca Raton, FL, 350, **1997**.
۳. ا. الیاس، "مبانی ویژگی‌های کاغذ"، آیش، تهران، ص. ۳۶۰، ۱۳۸۴.
۴. ه. یحیی، ا. رستمپور هفت‌خوانی، "اصول شیمی کاغذسازی"، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ص. ۴۲۴، ۱۳۸۷.
۵. E. N. Abrahart, "Dyes and their Intermediates", New York, Chem. Publishing, 250, **1977**.
۶. Allen, R. L. M., "Colour Chemistry", London, Thomas Nelson and Sons Ltd, 150, **1971**.
۷. J. Abbot, W. E. Scott, "Appearance properties", Edition Two, TAPPI Press, Atlanta, 200, GA, **1995**.
۸. J. F. Corbett, "Hair colouring", Rev. Prog. Color. Relat. Top., 15, 52-65, **1985**.
۹. P. Gregory, "Azo dyes: structure-carcinogenicity relationships", Dyes Pigm., 7, 45-56, **1986**.
۱۰. D. M. Maron, B. N. Ames, "Revised methods for the Salmonella mutagenicity test", Mutat Res, 113, 173-215, **1983**.
۱۱. H. A. Lips, "Dyeing in Pulp and Paper", Chem. Chem. Techn., 3<sup>rd</sup> Edn., Vol. III, John Wiley, 350, **1981**.
۱۲. D. B. Judd, G. Wyszecki, "Color in business, Science and Industry", Wiley Interscience, New York, 511, **1975**.
۱۳. E. Longstaff, "An assessment and categorisation of the animal carcinogenicity data on selected dyestuffs and an extrapolation of those data to an evaluation of the relative carcinogenic risk to man", Dyes Pigm., 4, 243-304, **1983**.
۱۴. J. Corbett, "Hair Dyes", Elsevier Science, Amsterdam, 150, **2000**.
۱۵. Anon, "Ecological and Toxicological Association of Dyes and Pigments Manufacturers, Textile Chemists and Colorist, German Ban of Use of Certain Azo Compounds in Some Consumer Goods", ETAD Information Notice, 28 (4), 11-20 **1996**.
۱۶. D. M. Grim, J. Siedel, J. Allison, "Evaluation of laser desorption mass spectrometry and UV accelerated aging of dyes on paper as tools for the evaluation of a questioned document", J. Forensic Sci, 47(6), 65-73, **2002**.
۱۷. Martin, A. Hubbe, "Measurement and impact of charge: a practical guide", solution for people, processes and paper, 11, **2004**.
۱۸. "Effects of charge Ratios and cationic polymer Nature on Polyelectrolyte Complex Deposition onto Cellulose, Ind", Eng. Chem. Res., 44(9), 3068-3074, **2005**.
۱۹. Sheng-Li Chen, Lucian Lucia, "New insights into the fundamental nature of lignocellulose fiber surface charge", J. Colloid Interface Sci., 275, Issue 2, 15 July, 392-397, **2004**.
۲۰. M. A. Hubbe, J. J. Pawlak, A. A. Koukoulas, "Paper's appearance: A review", BioResources, 3, 627-665, **2008**.
۲۱. M. Alava, k. Niskanen, "The physics of paper", Rep. Prog. Phys, 69, 669-723, **2006**.
۲۲. ع. شمس ناتری، ع. حاجیبور، "اندازه‌گیری ضربی پشت‌نمایی کاغذ با استفاده از پویشگر"، نشریه علمی-پژوهشی علوم و فناوری رنگ، ۱۳۹۲، ۱۵-۲۴، ۷.
۲۳. م. پروین‌زاده گشتی، آ. الماسیان، ش. اسلامی، "تهیه رنگدانه جاذب امواج الکترومغناطیس با استفاده از فرآیندهای تبادل بیون و اکسیداسیون آلومینیم در لایه‌های رس"، نشریه علمی-پژوهشی علوم و فناوری رنگ، ۱۳۹۱، ۲۹۱-۳۰۲۲۴، ۶.
۲۴. M. A. Hubbe, "Sensing the electrokinetic potential of Cellulosic fiber surfaces", BioResources, 1 (1), 93-125, **2006**.
۲۵. J. Bujdák, "Effect of the layer charge of clay minerals on optical properties of organic dyes, A review", Appl. Clay Sci, 34, 58-73, **2006**.
۲۶. M. Modesti, S. Besco, A. Lorenzetti, V. Causin, C. Marega, J. W. Gilman, D. M. Fox, P. C. Trulove, H. C. De Long, M. Zamarano, "ABS/clay nanocomposites obtained by a solution technique: Influence of clay organic modifiers", Polym. Degrad. Stabil, 92, 2206-2213, **2007**.